This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

600045946Y

G.55 C 26

E. BIBL. RADCL.

1887 d 49/1

600045

E. B
For. Plat
C. 17

1887

IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

RECHERCHES GÉOLOGIQUES

DANS LES PARTIES

DE LA SAVOIE

DU PIÉMONT ET DE LA SUISSE

VOISINES

DU MONT-BLANC

AVEC UN ATLAS DE 32 PLANCHES

PAR

ALPHONSE FAVRE

PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'ACADÉMIE DE GENÈVE

TOME I

2 1-283

PARIS

CTOR MASSON

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉD

GENÈVE 1867

INTRODUCTION

> Le champ de la nature ne peut s'épuiser et l'on y trouve toujours des moissons nouvelles.
>
> *Génie du Christianisme.*

Il y a pour les géologues deux manières d'étudier les phénomènes de la nature, et peu de savants ont su concilier les deux méthodes. Les uns parcourent des régions que la distance, et souvent le climat, rendent d'un accès difficile; si leurs voyages réussissent, ils rapportent une moisson plus ou moins riche de faits entièrement neufs, ou d'observations qui confirment les connaissances déjà acquises. Les autres, plus casaniers, plus attachés aux environs de leurs demeures par des raisons qui, souvent, dominent les intérêts scientifiques, explorent des espaces plus restreints.

Ces deux méthodes sont utiles; chacune a ses difficultés et ses avantages. Dans la première, les obstacles matériels peuvent être considérables; le plus souvent un géologue traverse un

pays pour n'y plus revenir; mais la liberté est plus grande et le contrôle des contemporains moins sévère. Dans la seconde, l'on doit, en général, marcher sur les traces d'autres savants, et tout en évitant les répétitions, trouver dans une région déjà étudiée des faits nouveaux qui méritent l'attention des naturalistes. Il faut, comme le dit Dolomieu, « passer et repasser vingt fois dans les mêmes lieux » avant de se prononcer, parce qu'on exige plus d'exactitude des géologues *caboteurs* que des géologues *au long cours*.

J'ai commencé, en 1840, à parcourir la Savoie et les contrées voisines: je l'ai fait sans idées préconçues et sans plan arrêté. Je ne savais d'abord si j'utiliserais les notes que je recueillais avec activité, j'observais pour avoir le plaisir d'observer. Je ne connais pas, en effet, de jouissance plus vive que la poursuite et l'étude d'une idée dans un laboratoire aussi splendide que la chaîne des Alpes: à chaque pas, le travail scientifique est interrompu par la contemplation de beautés de la nature auxquelles des milliers de touristes rendent hommage chaque année. J'ai éprouvé et savouré longtemps le bonheur que procure ce genre de recherches [1]. Lorsque les matériaux que je recueillais ont été abondants et que chez moi le corps ne s'est plus trouvé à l'unisson de l'esprit passionné pour les voyages à pied, pour les grandes escalades, pour la vie dure qui accompagne la carrière du géologue alpin, je me suis décidé avec quelque peine à réunir

[1] « Chaque année, dit Dolomieu, je me livre à de nouvelles recherches, « et en me procurant un genre de jouissance peu connu du reste des hom- « mes, celui de visiter la nature dans quelques-uns de ses plus hauts sanc- « tuaires, je vais lui demander l'initiation dans quelques-uns de ses mys- « tères, croyant qu'elle n'y admet que ceux qui sacrifient tout pour elle et « qui lui rendent des hommages continuels. » *Journ. des Mines*, an VI (1798), VII, 389.

mes observations. Plus familier avec le marteau qu'avec la plume, j'ai éprouvé de nouvelles difficultés en prenant celle-ci. et je crains de ne pas les avoir convenablement surmontées.

L'hésitation que je ressentais au sujet de la publication de mes recherches tenait peut-être à un esprit de famille. M. Sainte-Beuve a dit [1], en parlant de Guillaume Favre, mon père: « Le caractère de son esprit et de sa vocation, c'est d'a- « voir aimé l'étude pour l'étude, la recherche pour la recherche, « sans aucune préoccupation de la publicité. » « Aux intelli- « gences de cette nature, » écrit aussi M. Adert, en parlant du caractère de Guillaume Favre, « la publicité, on le comprend, « n'offre rien de bien attrayant [2]. » Ce même sentiment m'a fait attendre longtemps, trop longtemps peut-être, pour publier les *Recherches* dont je termine maintenant l'impression.

Dans un temps où les bonnes cartes topographiques n'existaient pas, c'était une assez grande entreprise que de dresser la carte géologique des environs du Mont-Blanc. J'ai été obligé de me servir, dans le commencement, des cartes de Borgonio, de Vœrl, de Raymond, et de celle de M. le professeur Chaix; lorsque parut la feuille de la carte fédérale qui contient le Chablais sans le dessin des montagnes, je consacrai beaucoup de temps, durant mes courses, à y figurer le relief du terrain. Mais tous ces essais ne pouvaient me conduire à de bons résultats. Enfin les cartes des différentes provinces de la Savoie furent publiées à Chambéry et celles de l'Etat-major sarde à Turin. Dès ce mo-

[1] Le *Moniteur universel* du 23 févr. 1857. *Causeries du Lundi*, 1858, XIII, 190.

[2] *Mélanges d'histoire littéraire*, par Guillaume Favre, avec des lettres inédites d'Auguste-Guillaume Schlegel et d'Angelo Maï, recueillies par sa famille et publiées par J. Adert, ancien professeur à l'Académie de Genève; 2 vol. in-8°, Genève 1856, p. XIX.

ment, le travail de ma carte géologique devint plus régulier et plus facile; mais, pour le terminer, je dus réunir, faire dessiner et graver les cartes manuscrites que le Bureau de la guerre à Paris, l'Etat-major piémontais et le Bureau topographique fédéral ont bien voulu me fournir avec une parfaite libéralité. En 1861 et 1862, je publiai deux *cartes des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc*, la première topographique, la seconde géologique.

Ces difficultés matérielles, quoique grandes, n'étaient pas de nature à opposer un obstacle sérieux à mon travail; celles contre lesquelles j'ai lutté avec le plus de peine provenaient, soit de mon respect pour les vivants, soit de celui que j'éprouvais pour les morts.

En face des vivants, j'ai souvent hésité à dire publiquement ma façon de penser lorsque j'étais en contradiction avec des hommes habiles observateurs et d'un grand savoir; je craignais de m'être égaré dans mes recherches et désirais les vérifier. Dès que j'ai cru pouvoir soutenir mon opinion, je l'ai énoncée avec une complète indépendance, en cherchant à ne blesser personne. Telle a été du moins ma ferme intention; car je sais que la vivacité apportée par les auteurs à la défense de leurs opinions ne profite ni à eux, ni à la science. J'ai cependant été appelé à traiter des sujets brûlants : aussi ai-je multiplié les notes et les citations, pour que chacun puisse être juge du débat.

Si j'ai été souvent embarrassé par la concurrence des vivants, j'ai eu plus de peine encore à supporter celle des morts : c'est, il faut le reconnaître, une circonstance peu favorable à mon amour-propre scientifique que d'avoir travaillé dans la même région

[1] Bourrit. *Descript. des Glacières*, 1 vol. in-8°, 1773, 1.

que de Saussure. Bientôt, en effet, un siècle aura passé sur les *Voyages dans les Alpes* et n'aura fait qu'en augmenter la réputation. Le 4 février 1773, de Saussure écrivait à Bourrit[1] : « Je « compte bien publier aussi quelque chose sur l'histoire natu- « relle des mêmes montagnes ; c'est dans ce dessein que je les « étudie depuis tant d'années. » Ce travail, annoncé si modestement, a changé la marche de la science et Dolomieu lui-même s'honorait du titre d'élève de de Saussure[1]. « De Saussure, dit « M. Fournet, nous apparaît toujours comme un de ces hommes « privilégiés que la Providence destine à tracer le chemin vers « des conquêtes nouvelles[2]. » Le célèbre Genevois avait mis à la fin de son livre un *Agenda* que M. Escher de la Linth appelle une grande preuve de l'amour de la vérité[3], et ce travail a été pris pour point de départ, dans un ouvrage remarquable publié en 1845, par un savant géologue[4], qui dit dans sa préface : « De Saussure possédait à un degré éminent l'instinct et le « pressentiment de la vérité. »

En présence du jugement unanime de la postérité, il eût été aussi téméraire qu'inutile de chercher à décrire les environs du Mont-Blanc, si de grands changements ne s'étaient produits dans la science depuis l'époque où vivait de Saussure. Mais nous ne pensons plus comme lui que : « toutes choses d'ailleurs « égales, le nombre des vestiges des corps marins contenus dans « une pierre est en raison inverse de son ancienneté (*Voyages*, § 605) ; et Cuvier a éclairci une des grandes questions de l'histoire naturelle posée en ces termes par l'illustre savant : « Com-

[1] *Journal des Mines*, an VI, t. VII, 424.
[2] *Annales de la Société d'Agriculture de Lyon*, 1841, IV, p. 105.
[3] *Discours à la Société d'Histoire naturelle de Zurich*, 1847.
[4] Élie de Beaumont, *Leçons de Géologie pratique*, 1 vol. in-8°, 1845.

« parer exactement les ossements, les coquillages et les plantes « fossiles avec leurs analogues vivants, et vérifier ainsi l'asser- « tion de M. Michaëlis, que les ossements fossiles des quadru- « pèdes, tels que l'éléphant, le rhinocéros, les bœufs, les cerfs, « n'ont point une exacte ressemblance avec ceux que l'on trouve « actuellement vivants » (*Voyages* § 2321). La science a donc marché : ses méthodes et ses résultats se sont modifiés, et ces changements m'ont permis de publier le présent ouvrage qui sera considéré, je l'espère, comme une modeste continuation de celui de mon savant compatriote.

Ce n'est pas seulement de Saussure qui a rendu les environs du Mont-Blanc une terre classique qu'il est difficile, et imprudent peut-être, d'examiner à nouveau. Ce sont les travaux de Bakewell, de Brochant de Villiers, de Dolomieu, de Necker, de Deluc, de de Charpentier et ceux de MM. Studer, Elie de Beaumont, Fournet, Sismonda, Lory, Ch. Martins, Guyot, de Mortillet, etc., etc.; n'oublions pas Alexandre Brongniart qui a fondé la paléontologie par la comparaison des fossiles des Fiz avec ceux d'autres parties de la France (§ 423).

Les difficultés que je viens de signaler ne m'ont pas arrêté : j'ai essayé de les surmonter consciencieusement par un travail soutenu, soit en scrutant avec soin les cimes et les flancs des nombreuses montagnes qui sont figurées dans ma carte, soit par un examen approfondi des opinions de mes devanciers. J'ai cherché à classer mes observations de la manière la plus simple. Les vingt-sept premiers chapitres sont presque entièrement consacrés à rendre compte, dans un ordre géographique, des faits que j'ai recueillis. C'est ainsi qu'en décrivant la plaine des environs de Genève, j'ai parlé de l'époque moderne, des eaux, des terrains quaternaires; et j'ai été entraîné à donner des dé-

tails sur le terrain glaciaire des vallées du Rhône, de l'Arve, de l'Isère et de la Doire ; puis, j'ai examiné les causes et les effets de l'ancienne extension des glaciers. Pour achever la description de la plaine, je me suis occupé du terrain tertiaire formé de mollasse.

J'ai divisé la région montagneuse en massifs naturels tels qu'ils sont figurés dans la carte de la planche I[1]. Cette division permet mieux que toute autre une étude approfondie de chaque district, et dans mes descriptions j'ai indiqué la manière la plus facile de parcourir les localités élevées et d'examiner celles qui présentent le plus d'intérêt aux naturalistes. Ces détails, quelquefois minutieux, permettront aux géologues de contrôler mon travail et fourniront, je l'espère, aux étudiants un guide pour leurs débuts scientifiques.

Le massif le plus voisin de Genève est celui du mont Salève ; je l'ai décrit, en premier lieu, en me servant d'un mémoire que j'avais fait paraître en 1843, auquel j'ai apporté de grandes modifications. J'ai la satisfaction de publier un travail important de M. P. de Loriol sur les fossiles coralliens, valangiens et urgoniens de cette montagne ; je suis heureux de témoigner ma reconnaissance à ce savant paléontologiste. Après le mont Salève, je me suis occupé des massifs suivants : les Bornes, les Voirons, le Môle et la pointe d'Orchex, le Chablais, les Vergy et la Tournette[2], les Fiz, les Avoudruz et la Dent du Midi, le Brévent et les Aiguilles-Rouges et le Mont-Blanc ; j'ai ajouté à la

[1] Le n° placé à côté des noms des massifs indique le § où commence la description.

[2] Je recommande l'étude de ce massif à ceux qui débutent en géologie, il est préférable à tous les autres parce que les terrains y sont nettement caractérisés.

description de ce dernier massif quelques considérations sur la *structure en éventail*. Ensuite j'ai passé aux massifs de Mégève et de Hauteluce, du Grand-Mont, du Mont-Jovet et de la Maurienne et des deux Saint-Bernard. Là se termine la partie descriptive de mon ouvrage, dans laquelle j'ai fait entrer des renseignements historiques toutes les fois qu'il y en avait à donner.

Les huit chapitres qui suivent (de XXVIII à XXXV) sont consacrés à décrire, dans un ordre géologique, les formations examinées durant les courses racontées dans la première partie de l'ouvrage. Ce sont les terrains suivants: granitique, schistes cristallins, houiller, triasique, infra-liasique, jurassique, crétacé, tertiaire et quaternaire.

Dans ces chapitres j'ai énoncé des idées théoriques ; but final des recherches scientifiques. Mais que ce but est difficile à toucher! Que le nombre des savants qui l'ont atteint et qui y sont restés est petit! On pourrait écrire plus d'un gros volume sur la chute des théories proposées par des hommes célèbres! Si j'osais comparer le savant à un archer, je dirais que souvent, après avoir lancé sa flèche, il la voit fixée pour un instant dans le but, puis arrachée pour être remplacée par une autre. On ne sera donc pas étonné du sentiment de défiance que j'éprouve au sujet des théories que je propose ; en général, les systèmes passent, les observations restent, et chacun peut en tirer parti; cependant, j'ai présenté quelques idées théoriques relatives à l'origine des roches cristallines, et à quelques autres faits géologiques. L'ensemble des chapitres de cette seconde partie de l'ouvrage démontre d'une manière évidente que les terrains des Alpes sont les mêmes que ceux qui occupent le reste du monde, c'est-à-dire qu'il n'y a dans ces montagnes aucun terrain exceptionnel: on n'a pas toujours été d'accord sur cette importante conclusion.

Le trentième chapitre contient le récit de la discussion qui s'est élevée entre les géologues pour savoir si le terrain carbonifère existe ou n'existe pas dans les Alpes. J'ai cherché à rendre compte impartialement des travaux qui appartiennent à une période de la science, peut-être trop récente pour faire partie de l'histoire.

Dans le trente-sixième chapitre, j'ai résumé la géologie de la région voisine du massif du Mont-Blanc. Enfin, dans un appendice, j'ai dressé un catalogue des principales cartes géographiques, antérieures à 1744, qui représentent l'emplacement de cette chaîne de montagnes [1].

C'est avec empressement et avec un vif sentiment de reconnaissance que j'indiquerai ici les noms des savants qui m'ont facilité quelques-unes des parties de mon travail.

Je citerai en premier lieu mes collègues à l'Académie de Genève, MM. de la Rive, Pictet, Marignac et E. Plantamour. M. de Loriol, comme je l'ai dit, a fait pour moi un travail de paléontologie. MM. Lory de Grenoble, Pillet et Vallet de Chambéry ont, par leurs publications et leurs conversations, répandu de la clarté sur plus d'un point difficile de la géologie de la Savoie. J'ai encore amplement profité de mes relations avec feu de Charpentier, aimable causeur qui cachait un profond savoir sous une grande modestie; avec M. B. Studer de Berne, dont les amicales directions m'ont été utiles depuis bientôt trente ans; avec M. Mérian de Bâle, qui s'est occupé pour moi des fossiles du Chablais; avec M. Desor de Neuchâtel, qui a examiné les oursins de ma collection; avec M. Heer de Zurich, qui a déterminé les végé-

[1] L'appendice renferme quelques renseignements hypsométriques, et d'autres relatifs aux mines et aux blocs erratiques.

taux fossiles de la Savoie, et avec M. Escher de la Linth, qui m'a donné des renseignements sur le terrain infra-liasique. Enfin M. Charles Martins de Montpellier a bien voulu me fournir des notes inédites sur la distribution des blocs erratiques. Je remercie tous ces amis de ce qu'ils ont fait pour moi.

En terminant cette introduction, qu'il me soit permis d'énoncer relativement à l'ensemble de nos connaissances géologiques, quelques idées qui n'ont pas trouvé leur place dans le présent ouvrage.

Cherchons à nous représenter la formation de l'Univers, autant du moins que nos connaissances actuelles nous permettent de le faire, en nous attachant spécialement à suivre la marche des phénomènes terrestres. La matière cosmique, répandue dans l'espace à cet état d'extrême division qui existe encore dans les nébuleuses, en s'agglomérant forme certains centres, tels que notre Soleil. La haute température de ces grandes masses résulte de la chaleur développée par la violence du choc que la matière éprouve en se groupant. De ces globes, arrivés à l'état de liquidité et animés d'un mouvement de rotation, se détachent d'autres globes plus petits qui constituent pour les soleils leur cortége de planètes.

La terre, dès ce moment, prend un développement spécial dont l'étude donne peut-être une idée vague de celui qui s'opère dans les astres de même ordre. Au commencement de cette époque, la masse entière du globe, composée de lave liquide, possède une température uniforme très-élevée ; elle est entourée d'une puissante atmosphère qui renferme tous les éléments de l'atmosphère

actuelle, beaucoup de gaz qui ne sont pas encore fixés et toute l'eau de notre globe à l'état de vapeur. La surface de la terre se refroidit lentement et l'atmosphère se condense peu à peu; il en résulte des courants d'eau et des mers qui sont pendant des milliers d'années à une haute température, et qui désagrégent la roche primitive. C'est avec la formation de l'eau liquide que commence, à la surface du globe, une lutte qui se continue encore de nos jours entre les agents extérieurs et les agents intérieurs. La lave primitive est peu à peu recouverte par des masses considérables de roches granitiques et de schistes cristallins formés de ses éléments remaniés à une haute pression par l'eau surchauffée. Vers la fin de cette période et après que la température des eaux s'est abaissée, voici un phénomène nouveau : le premier des êtres vivants frappe nos regards. Est-ce l'*Eozoon canadensee*, *l'Oldhamia*, un fucoïde, un myrianite ou un être mieux organisé ? peu importe; mais le fait de l'apparition de la vie sur la terre est assez considérable pour que nous le regardions comme le terme du chaos terrestre.

Depuis lors, jusqu'à l'apparition de l'homme, il ne s'est passé sur notre globe aucun nouveau phénomène biologique. Cependant durant des milliers d'années, des changements immenses se sont lentement manifestés ; l'aspect de la terre s'est modifié suivant la disposition relative des mers et des continents ; les habitants qui peuplaient notre globe ont varié; les faunes et les flores, probablement aussi riches à chaque époque que celles qui existent maintenant, se sont continuellement renouvelées. Mais au point de vue où nous nous plaçons, l'apparition d'êtres organisés, bien qu'appartenant à des familles qui ne s'étaient jamais montrées, ne constitue pas un fait nouveau, car ce qui différencie l'homme de l'animal ne s'est pas encore manifesté.

Cette longue et curieuse succession, qui se fait connaître par la distinction des terrains, est une conséquence des lois immuables établies au commencement.

Que les évolutions biologiques proviennent de la transformation des espèces ou qu'elles résultent d'une cause qui crée des êtres nouveaux, elles sont également soumises à des lois qui agissent avec un ordre que personne ne nie. Il en a été ainsi des actions physiques et chimiques qui, dès la formation de la matière, se sont exercées à la façon dont elles le font aujourd'hui, même au travers de ce que nous avons appelé le chaos.

Pendant ce développement de la terre, nous voyons les révolutions du globe arriver à des époques plus ou moins éloignées les unes des autres; mais elles sont le résultat d'une seule cause, le refroidissement de la terre, et quelque fâcheux que ces moments puissent être pour les diverses races qui la peuplent, il n'y a eu aucune perturbation dans les lois qui régissent le monde. Les actions qui ne sont pas continues ne peuvent-elles être la conséquence d'une force régulière agissant constamment? La force qui fait marcher une horloge subit-elle quelques modifications au moment où sonnent les heures? Il en est de même dans le développement géologique de la terre: les changements dans les contours des continents qui ont pour effets secondaires la modification des climats, des faunes et des flores [1], sont

[1] En faisant des observations dans les terrains fossilifères, on ne peut pas toujours reconnaître une dislocation du sol entre deux étages qui renferment chacun une faune et une flore spéciales, parce que si un mouvement du sol a eu lieu entre ces étages, il peut n'avoir affecté qu'une région située à une grande distance de la localité observée et ne pas avoir influé sur les sédiments de cette dernière. On ne peut donc affirmer que tous les changements de faunes et de flores soient liés à des modifications dans la distribution des terres et des mers, et que cette cause soit la seule qui puisse les produire.

fixés à l'avance et pourraient se calculer aussi bien que le retour d'une comète, si nous connaissions les éléments de ce problème.

C'est donc sous l'action de lois qui ont toujours été les mêmes que le développement géologique du monde a eu lieu et que les aspérités et les dépressions de la surface de la terre se sont formées. On a reconnu que ces inégalités avaient plus ou moins existé à toutes les époques; on est arrivé à indiquer l'ancienne hauteur de certaines montagnes détruites et à faire des cartes géographiques des temps géologiques. On a également retrouvé les débris de milliers de végétaux et de milliers d'animaux terrestres, marins ou d'eau douce, qui ont donné aux terres et aux mers une physionomie nouvelle à chaque période.

Dans le commencement de l'époque paléozoïque existait une faune très-nombreuse, qui renfermait les animaux singuliers connus sous le nom de trilobites, et des poissons fort différents de ceux de l'époque actuelle. L'époque carbonifère, qui a fait encore partie des temps paléozoïques, avait des forêts splendides, des insectes et quelques reptiles: ce fut probablement celle où les paysages offrirent le plus de beauté, malgré la tristesse du climat. L'époque permienne, quoique bien caractérisée, n'a pas eu un facies très-saillant. Une partie de l'époque triasique a contrasté péniblement avec les précédentes, en présentant les aspects désolés de mers ou de grands lacs salés desséchés : puis vint l'époque jurassique avec ses énormes reptiles et ses nombreuses populations souvent renouvelées. L'époque crétacée ne lui a cédé ni par la grandeur et la variété des aspects, ni par la diversité des animaux et des végétaux qui se sont succédé. Enfin l'époque tertiaire avec ses nombreux mammifères s'est rapprochée en apparence de l'état actuel du monde qui a commencé avec l'époque quaternaire.

RECHERCHES GÉOLOGIQUES

DANS LES PARTIES DE

LA SAVOIE, DU PIÉMONT ET DE LA SUISSE

VOISINES DU MONT-BLANC

CHAPITRE PREMIER

LA PLAINE

DE L'ÉPOQUE MODERNE. DES EAUX

De l'ordre suivi dans la description de la Plaine, § 1. — Du lac de Genève, sa température, son effet sur le climat, 2. — Niveau du lac au-dessus de la mer, ses variations, 3. — Hauteur du baromètre, 4. — Profondeur du lac, 5. — Seiches, 6. — Dépôts du Rhône en amont du lac, 7. — Dépôts de la Dranse, 8. — Jaugeages du Rhône et de quelques affluents du lac, 9. — Jaugeage de l'Arve, 10. — Influence de l'Arve sur le Rhône, 11. — Or du Rhône et de l'Arve, 12. — Ancien niveau du lac, 13. — Action du lac sur ses rives, 14.

§ 1. — Il est naturel de débuter dans cet ouvrage par les environs de Genève ; aussi commencerai-je par les décrire, quoique ce travail ait été fait par de Saussure et Necker, que j'aie moi-même abordé ce sujet et que, dans son excellente histoire des Progrès de la Géologie, M. d'Archiac ait donné un résumé des travaux déjà publiés. Sans songer à reproduire tout ce qu'il serait peut-être utile de tirer des

ouvrages de mes deux compatriotes, je crois que les progrès de la science sont assez importants pour qu'il y ait de l'intérêt à faire ressortir la manière nouvelle dont on doit maintenant envisager les terrains qui forment la Plaine. Je joindrai à la description des masses minérales quelques mots sur les agents qui les ont déposées.

Sous le nom de **Plaine**, je comprends le bassin limité par le Jura, le Vuache, le Mont-de-Sion, le Salève, les Voirons et les montagnes plus à l'Est jusqu'à la Dranse près de Thonon. Je décrirai quelques localités situées sur la rive septentrionale du lac, mais je m'étendrai plus spécialement sur la contrée de la rive opposée.

Les eaux ont joué un grand rôle dans cet espace, soit à l'état liquide, soit à l'état solide, et elles ont puissamment contribué à la formation des terrains, tant en les déposant qu'en les ravinant. Il paraît donc convenable de consacrer quelques pages à étudier cet agent tel qu'il existe aujourd'hui et je parlerai, dans ce chapitre, du Lac, du Rhône et de l'Arve.

Afin de mettre de l'ordre dans mon travail, j'ai été entraîné à traiter la Plaine d'une manière différente des montagnes : pour celles-ci j'ai adopté une division par localités; pour celle-là, au contraire, je suivrai un ordre géologique, en commençant par les terrains quaternaires pour terminer par les terrains tertiaires.

Je m'occuperai en premier lieu de l'alluvion moderne, § 17; puis de l'alluvion des terrasses, § 24, du terrain glaciaire de la Plaine, § 47, et de l'alluvion ancienne, § 78. Mais ces terrains ayant été plus ou moins produits par les grands et anciens glaciers, qui avaient leur origine dans les hautes Alpes et qui descendaient jusque dans la plaine, il faudra rechercher dans les principales vallées représen-

tées sur ma carte[1], quelles ont été les traces laissées par ces glaciers. Par conséquent j'examinerai le terrain erratique,

dans la vallée du Rhône et dans ses affluents, § 85,
dans la vallée de l'Arve et dans ses affluents, § 119,
dans la vallée de l'Isère, § 148,
dans la vallée d'Aoste, § 152,

et je terminerai par un examen des questions théoriques relatives à la période glaciaire, § 158.

§ 2. — Il serait intéressant de réunir en quelques pages tous les documents relatifs à l'étude du grand et beau bassin lacustre connu sous le nom de lac Léman ou lac de Genève[2]. Ses grandes dimensions[3] pourraient faire croire à son heureuse influence sur la partie de la vallée du Rhône dans laquelle il est placé, c'est-à-dire qu'au premier coup d'œil on est disposé à penser que le lac modère les froids de l'hiver et les grandes chaleurs de l'été. Mais l'exposé suivant fera connaître la présence de diverses actions qui luttent en sens contraire et montrera que l'influence du lac est à peu près nulle. Cependant, j'ai hâte de dire que,

[1] Carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, 1862.

[2] On trouvera de nombreux renseignements sur l'hydrographie de la vallée du Rhône dans les Documents pour servir à la Géographie physique du bassin du Rhône, par M. Lortet, *Ann. de la Soc. d'Agriculture de Lyon*, 1843, dans l'hydrographie de la vallée de l'Arve, par M. Chaix, *Royal Geograph. Soc. of London*, 8 juin 1857, *Archives de la Bibliothèque Universelle*, 1857, XXXIV, 38, et dans l'ouvrage de M. Vallée, *Du Rhône et du lac de Genève*, Paris, 1843.

[3] Sa forme est celle d'un arc dont la corde passant au travers des montagnes du Chablais est de 60 kilomètres. La longueur du lac, mesurée par une ligne courbe tracée au milieu est d'environ 73 kilomètres et sa plus grande largeur prise du golfe d'Amphion à celui de Morges est de 14 kilomètres. Sa surface est de 25,08 lieues carrées suisses de 4800 mètres = 29,26 lieues carrées de 25 au degré = 577,84 kilom. carrés = 577 843 200 mètres carrés (carte fédérale).

pour apprécier d'une manière très-exacte cette influence, on devra discuter mieux que je n'ai voulu le faire ici toutes les données météorologiques relatives à notre pays.

M. le professeur Plantamour a résumé les observations faites sur la **température du lac** durant huit années, au point où l'eau quitte le lac pour former le Rhône[1]. D'après lui la température moyenne la plus basse est en février (4°,54 centig.) et la température moyenne la plus élevée en août (18°,65). « Le trait le plus saillant dans la variation « annuelle de la température de l'eau, dit M. Plantamour, « est la lenteur avec laquelle la température s'élève au « printemps pour atteindre le chiffre de la moyenne an- « nuelle, ce retard dans l'accroissement pouvant être attri- « bué en partie à la nature des affluents qui se jettent dans « le lac. La température de l'eau est pendant 172 jours « au-dessus de sa valeur moyenne et pendant 193 jours « au-dessous. » Cette température moyenne est de 11°,05, c'est-à-dire de 1°,89 plus élevée que celle de l'air qui à Genève est de 9°,16 c.

L'eau du lac ne suit pas dans ses variations de température une marche parallèle à celle observée dans les variations de la température de l'air: pendant 115 jours de l'année, l'eau est plus froide que l'air, du 24 avril au 2 août; la plus grande différence dans ce sens étant de 2°,5 au commencement de juin. L'eau est plus chaude que l'air pendant 250 jours, du 18 août au 9 avril, la plus grande différence s'élevant à près de 6° au mois de décembre.

[1] Les données météorologiques les plus précises relatives au climat de notre pays sont contenues dans l'ouvrage de M. le professeur Plantamour, *Du Climat de Genève*, 1 vol. 4°, 1863. Une grande partie des observations consignées dans les pages suivantes sont tirées de cet ouvrage. Voyez aussi l'examen de ce travail fait par M. le professeur de la Rive, *Archives*, 1864. XIX, 19.

La température de l'eau du lac est moins élevée que celle de l'air durant les mois de mai, de juin et de juillet; elle est égale à celle de l'air en août, malgré l'énorme quantité d'eau descendant des glaciers. De septembre à mars l'eau du lac est plus chaude que l'air, et en avril les deux températures sont égales. Le temps où cette eau est moins chaude que l'air est donc bien plus court que celui où elle est plus chaude, et la différence de température pendant la seconde période est plus grande que durant la première. Cette différence serait plus grande encore, sans le fait que le volume des eaux du lac varie et que pour amener les hautes eaux en août, il arrive en moyenne dans le lac, comme je le dirai, près d'un kilomètre cube d'eau à une température qui est notablement inférieure à celle du lac. On ne sait pas au juste à combien s'élève cette différence de température, parce que le nombre des mesures prises dans ce but est très-restreint. Je ne connais, sur ce sujet, que les observations suivantes faites par M. le professeur Charles Dufour, à la porte de Sex, à cinq kilomètres en amont du lac. Il a bien voulu me les communiquer et je les ai mises en regard de celles qui ont été faites à Genève et publiées dans les résumés météorologiques de M. le professeur Plantamour *(Archives de la Bibliothèque Universelle).*

TEMPÉRATURE

DU RHÔNE A LA PORTE DE SEX.				DU LAC A GENÈVE.
2 janvier	1854,	midi . . .	0°,2	3°,8
5 juillet	1851,	9 h. m.	10,1	
»		4 h. s.	10,9	
23 juillet	1853,	10 h. m.	12,1	16,7
15 octobre	1853,		10,3	13,7
2 nov.	1853,	4 h. s.	8,4	12,5
3 déc.	1853,		2,1	7,8

D'après ces chiffres, on peut croire que le lac présente presque toujours une température plus élevée que le Rhône en Valais, mais la différence n'a pas encore été évaluée d'une manière précise.

D'après ce que j'ai dit ci-dessus, l'année se divise en deux parties : durant la première, la température de l'eau est plus élevée que celle de l'air; pendant la seconde, le contraire a lieu. Il ne résulte pas de ce que la première est plus longue que la seconde, que l'eau du lac réchauffe sensiblement le climat de notre vallée, parce que la présence de cette grande étendue d'eau placée au centre d'un bassin entouré de collines et de montagnes élevées, détermine dans l'air des brises assez régulières, lorsque l'atmosphère n'est pas agitée par des vents arrivant de loin. Quand le soleil, pendant le jour, réchauffe les rives du lac, la brise se détermine autour de celui-ci en se dirigeant de l'eau vers la terre, mais elle souffle plus fortement et en sens contraire lorsque l'air qui recouvre les collines et les montagnes s'est rafraîchi plus que celui de la vallée. Cette brise de terre est relativement plus fraîche dans certaines saisons et pendant la nuit que la brise du lac; elle refroidit plus l'ensemble de l'air que la dernière ne le réchauffe. Le climat des côtes du lac est différent de ce que serait le climat d'une île s'il y en avait dans notre voisinage. Cette action de la brise de terre neutralise à peu près l'action du lac sur le climat.

Certaines localités situées sur les bords de l'eau sont beaucoup plus soumises que d'autres à l'influence de la brise de terre, leur température est plus basse que celle des endroits qui les avoisinent; il semble que la brise affectionne certains passages et qu'elle se crée des *lits* plus ou moins semblables à ceux des rivières, s'il est permis de se servir de cette expression.

Je ne puis entrer dans plus de détails sur ce sujet, qui sera bientôt étudié d'une manière complète au moyen des observations recueillies à l'Observatoire de Genève.

§ 3. — On a cru pendant longtemps que le **niveau moyen des eaux du lac** était à 375 mètres au-dessus du niveau de l'Océan, et ce chiffre a été inscrit sur la Carte fédérale. Il était fourni par une triangulation commencée en 1829 sur les bords du canal de la Manche sous la direction du colonel Filhon, et qui avait pour base le niveau moyen de l'Océan mesuré dans dix-neuf ports[1]. Ce travail fixait la plaque de bronze de la pierre du Niton (bloc erratique situé dans le port de Genève) à $376^m,64$ au-dessus de l'Océan. Le niveau moyen des eaux du lac, obtenu en prenant la moyenne entre les hautes et les basses eaux, était, d'après le général Dufour, à $1^m,61$ au-dessous de cette plaque, et on en concluait que ce niveau moyen était à $375^m,03$ ou 375^m en nombre rond.

Mais le colonel Burnier obtint ce niveau moyen par une autre méthode; en prenant une moyenne entre les niveaux moyens des eaux pendant les divers mois de l'année, il démontra que ce niveau était de $1^m,69$ au-dessous de la plaque de bronze, ce qui mettait le lac à $374^m,95$.

Jusque-là, la cote indiquée sur la carte fédérale était exacte. Mais d'après le nivellement fait par des ingénieurs français en 1862, sous la direction de M. Bourdaloue, le niveau de la plaque de bronze de la pierre du Niton est de $374^m,052$ au-dessus du niveau de la Méditerranée, mesuré dans le seul port de Marseille, et par conséquent le niveau moyen du lac est à $372^m,36$.

[1] Ces données sont tirées du travail de M. le prof. Plantamour sur la hauteur du lac de Genève, *Archives*, 1864, XIX, 5. Voyez aussi celui de M. Michel, *Archives*, 1864, XIX, 328.

Le niveau de l'Océan étant de $0^m,80$ supérieur à celui de la Méditerranée, cette plaque de bronze se trouve à $373^m,252$, et le niveau moyen des eaux du lac est à $371^m,562$ au-dessus de l'Océan.

La différence entre cette dernière mesure et celle de 1829 est de $3^m,39$ ou $3^m,4$ environ; et quoiqu'il soit nécessaire d'y avoir égard, on peut la regarder comme n'étant pas très-grande en songeant qu'elle est le résultat de la comparaison de deux travaux considérables, l'un ayant pour point de départ les côtes de la Manche, et l'autre celles de la Méditerranée.

Quelle que soit, d'ailleurs, l'importance que nous devions attacher à ces nouvelles données, il nous semble qu'avant d'admettre ce chiffre de $371^m,562$ comme étant le vrai représentant de la hauteur du lac au-dessus de l'Océan, nous devons en attendre la vérification[1].

Cette vérification sera bientôt connue, car on travaille activement soit à un nivellement général d'une partie de l'Europe au travers de l'Allemagne, de la Suisse et de l'Italie, soit à obtenir d'une manière exacte le niveau de la

[1] On trouvera des observations intéressantes sur les eaux du lac dans les mémoires suivants :

1838. Sur le limnimètre, *Bibl. Univ.* XIII, 152.
1839. Hypsométrie des environs de Genève, par M. A. de Candolle.
1844. Sur les hautes eaux, *Bibl. Univ.* L, 322.
1847. M. Plantamour : Niveau des eaux, *ibid.* V, 267.
1854. M. Burnier : Sur les limnimètres du lac, *Bullet. Soc. Vaud. des Sc. nat.* IV, 149.
1855. MM. Burnier et Plantamour : Nivellement du Grand St-Bernard, *Archives*, XXX, 97.
1859. M. Michel : Mémoire pour servir à l'hypsométrie du bassin du Léman, *Bullet. Soc. Vaud.* VI, 372 et notes de M. Burnier.
1863. M. Gonin : Mémoire sur les observations limnimétriques et pluviométriques qui ont eu lieu dans le canton de Vaud, *ibid.* VII, 367.
1865. M. Dor : Quelques observations sur le niveau du lac Léman, *ibid.* VIII, 330.

plaque de bronze de la Pierre du Niton par rapport au sommet du Chasseral. Cette plaque de bronze est le point qui a été adopté pour le nivellement général de la Suisse, et le Chasseral, au nord-ouest du lac de Bienne, est un point de repère de la grande triangulation française d'où le niveau de la Pierre du Niton a été précédemment déduit. Il faudra encore, pour arriver à un nivellement complet, fixer, soit dans la Méditerranée, soit dans l'Océan, le plan arbitraire qui servira de base à toute cette grande opération.

Jusqu'à présent nous n'avons parlé que du niveau moyen des eaux du lac de Genève; mais le **niveau ordinaire** celui de tous les jours, varie considérablement. Ces variations ont été étudiées, comme on le voit dans les notes précédentes, et nous renvoyons pour de plus amples informations au travail de 1847 de M. le professeur Plantamour, et à celui de 1854 de M. Burnier.

Ce dernier a pris comme mesure une échelle en centimètres, dont *le zéro est à trois mètres au-dessous de la plaque de bronze de la Pierre du Niton*, et à *vingt-deux centimètres cinquante-trois centièmes* plus bas que le zéro du limnimètre de Genève. Cet appareil, qui a servi à de nombreuses observations, est établi en pouces français, et le zéro de l'échelle est à 102 $^1/_2$ pouces au-dessous de la plaque de bronze de la Pierre du Niton. D'après M. le colonel Burnier, les moyennes mensuelles des eaux de 1838 à 1853 ont été les suivantes :

Janvier	88 cent.	Juillet	202 cent.
Février	86 »	Août	208 »
Mars	84 »	Septembre	179 »
Avril	93 »	Octobre	141 »
Mai	111 »	Novembre	116 »
Juin	160 »	Décembre	101 »

Le niveau moyen annuel est donc à 131 cent. de l'échelle adoptée par M. Burnier et à 169 cent. au-dessous de la plaque de bronze de la Pierre du Niton.

En faisant la moyenne des hautes et des basses eaux durant soixante-sept années, M. Burnier est arrivé aux résultats suivants :

	HAUTES EAUX.		BASSES EAUX.	
De 1787 à 1795.	241 cent.			
1796 1805.	216 »			
1806 1815.	227 »	6 août.	76 cent.	15 mars.
1816 1825.	240 »	17 août.	68 »	9 mars.
1826 1835.	219 »	22 août.	35 »	19 février.
1836 1845.	229 »	30 juillet.	58 »	21 février.
1846 1855.	228 »	28 juillet.	74 »	13 mars.
Moyenne générale.	228 cent.	8 août.	62 cent.	4 mars.

Par conséquent, dans cette période de soixante-sept ans, les hautes eaux ont eu lieu en moyenne le 8 août et ont atteint 228 cent., et les basses eaux ont eu lieu le 4 mars à 62 centimètres. La différence entre les hautes et les basses eaux est donc en moyenne d'*un mètre soixante-six centimètres*. En adoptant le chiffre de 577 843 200 mètres carrés comme étant celui qui exprime l'étendue de la surface du lac, on voit que la différence entre les hautes et les basses eaux peut être évaluée en moyenne à 959 219 712 mètres cubes, soit à un peu moins d'un kilomètre cube.

§ 4. — Un point assez important à noter, est que la cuvette du baromètre de l'Observatoire de Genève est de $31^m,36$ au-dessus du repère de la Pierre du Niton. L'**altitude du baromètre de l'Observatoire** au-dessus de la mer est donc, en ajoutant $376^m,64$ pour celle de la Pierre du Niton, de $408^m,00$, c'est-à-dire d'un mètre plus

grande que celle qui avait été adoptée jusqu'en 1855[1]. Avant cette époque on avait pris la hauteur du sol de la salle de l'Observatoire pour celle du baromètre. Par conséquent un grand nombre d'observations relatives à la hauteur des montagnes ont été calculées en faisant entrer le chiffre de 407 mètres, comme étant celui qui représentait l'élévation de l'Observatoire de Genève au-dessus de la mer, et les résultats de ces calculs sont trop faibles d'un mètre.

§ 5. — De Saussure nous dit, dans ses *Voyages*, que MM. Mallet et Pictet avaient fait des observations sur la **profondeur du lac** de Genève. Lui-même sonda ce bassin jusqu'à 950 pieds, à environ 800 toises en avant du bord, vis-à-vis de Meillerie.

Mais le travail le plus complet qui ait été exécuté sur ce sujet est celui de Sir H. de la Bêche[2]. On voit sur la carte publiée par ce savant en 1827, que la plus grande profondeur du lac atteignant 300 mètres, est placée de 4 à 5 kilomètres au nord d'Evian; sur une ligne tirée de Meillerie à Cully, il est profond de 265 mètres; à environ 4 kilomètres au sud-ouest de ce dernier village, la profondeur est de 295 mètres[3]; la profondeur de 216 mètres se trouve encore au milieu du lac entre Allamand et Anthy (à l'ouest de Thonon). A partir de ce point, elle diminue rapidement en se rapprochant de Genève, et, à l'ouest de la ligne tirée de la pointe de Promenthoux à celle d'Yvoire, aucune profondeur ne dépasse 72 mètres.

§ 6. — Le lac de Genève, surtout dans sa partie occidentale, offre plus que tout autre, à ce qu'il paraît, un

[1] *Archives*, 1855, XXX, 105.

[2] Profondeur et température du lac de Genève, *Bibl. Univ.* Sc. et Arts, 1819, XII, 118. — Férussac, *Bullet.* 1828, XIV, 23.

[3] Voyez la carte du canton de Vaud au $^1/_{50000}$.

phénomène curieux, qui consiste en ce que l'eau s'élève de quelques lignes, de quelques pouces et même de quelques pieds pendant un certain temps, puis s'abaisse pour revenir ensuite à son niveau primitif. Ce mouvement est nommé **Seiche.** MM. Jallabert, Fatio, de Saussure, Bertrand s'en sont occupés[1]; mais M. Vaucher est celui qui a jeté le plus de jour sur cette variation de la hauteur des eaux, en la mettant en rapport avec les variations barométriques[2]. Cette explication, qui paraît fort juste, n'a pas empêché d'autres suppositions de se faire jour[3].

Le phénomène des seiches a été reconnu sur plusieurs lacs en Europe, et on l'a également signalé sur les grands lacs d'Amérique[4].

Mais les seiches ne sont pas les seuls mouvements des eaux du lac; on y remarque encore des courants éphémères qui atteignent une profondeur plus ou moins grande et qui sont surtout connus des pêcheurs dont ils entraînent au loin les filets.

§ 7. — Il est évident que le Rhône, ayant ses eaux chargées de limon lorsqu'il entre dans le lac, et claires lorsqu'il en ressort, dépose beaucoup de matériaux dans ce bassin. Le dépôt se fait surtout près des bouches du fleuve à l'extrémité orientale du lac.

Playfair en a dit quelques mots[5], et si on compare la

[1] Voyez aussi un mémoire in-4° publié à Lausanne en 1838, sans nom d'auteur, sous le titre de: *On the phenomenon called the Seiche.*

[2] *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, VI, I, 35. — *Bibl. Univ.* Sc. et Arts, LIII, 353. — *Bullet. Soc Géol. de Fr.* 1834, V, 95.

[3] *Institut*, 1841, 355.

[4] Observé sur le Lac Supérieur par M. Rivot, *Ann. des Mines*, 1855, VII, 199. — Observé par le colonel Whittlesey sur les lacs de l'Amérique du Nord, *Associat. américaine pour l'avancement des sciences*, 1857. — *Litter. gazette*, 1857, 1029.

[5] Illustrations of the Huttonian theory of the earth, Edimburgh, 1804, 362 et suiv. et 281 de la traduction de cet ouvrage par Basset. Paris, 1815.

forme de l'**embouchure du Rhône** dans la carte de Mallet publiée en 1781 [1] avec celle que lui donne la carte fédérale, on verra qu'elle est fort différente. Mais quel degré de confiance peut-on avoir dans l'exactitude de la carte faite pendant le siècle dernier? Il est difficile de le préciser; quoiqu'on n'ait aucune donnée certaine sur la manière dont les dépôts se forment à l'embouchure du Rhône, il est probable qu'ils se déposent en couches inclinées. Cette inclinaison ne doit pas être grande, parce que les matériaux apportés ne sont pas volumineux et sont répartis sur une assez grande étendue. M. de la Bêche dit avoir trouvé du limon en suspension dans les eaux du lac, jusqu'à une lieue et un quart de l'embouchure du Rhône, entre Vevey et St-Gingolph [2]. On sait que le limon des fleuves reste longtemps en suspension; dans une expérience faite par M. Bischoff, celui du Rhin est resté 140 jours avant de se déposer complétement [3]; cette sorte de limon peut donc s'étendre sur un grand espace malgré la faiblesse du courant qui l'entraîne.

§ 8. — Il est probable que les **dépôts de la Dranse** se font en couches beaucoup plus inclinées, parce que le lac est profond près de son embouchure et que les matériaux charriés par cette rivière sont plus gros que ceux du Rhône. La Dranse doit faire un delta sous-lacustre, analogue à ceux décrits par M. de la Bêche [4].

§ 9. — **Le Rhône a été jaugé** plusieurs fois à Genève. En résumant les données fournies par ces travaux, nous pouvons former le tableau suivant:

[1] Carte de la Suisse romande, qui comprend le Pays de Vaud et le gouvernement d'Aigle, etc., par S.-H. Mallet, 1781, 4 feuilles.

[2] *Manuel géolog.* trad. franç. 1833, 59.

[3] *Archives*, 1852, XXIII, 299.

[4] *L'Art d'observer*, trad. franç. 1838.

JAUGEAGE DU RHÔNE A GENÈVE

Observateurs[1].	Dates.	Localités.	Hauteur du limnimètre du Grand-Quai.	Métr. cub. par sec.
Messieurs				
1. Chaix.	4 mars 1858	En amont du pont de la machine. . .	15 pouces . . .	40
2. Chaix et Plantamour	3 nov. 1856	Coulouvrenière. . .	21 p.	199
3. de la Rive. Colladon et Dufour, g.	24 sept. 1840	Machine hydrauliq.	62 p.	424
4. Chaix.	septemb. 1852	Coulouvrenière. . .	74 p.	532
5. Vallée et Goux.	26 juillet 1841	En amont de la jonction avec l'Arve. .	82 p. 6 lignes.	482
6. Thury.	30 juin et 2 juillet 1858	Coulouvrenière. . .	35 p. }	269
		Id.	38 p. }	
7. Goux	1841 ?	Chancy, en avant de la jonct. avec l'Arve.	hautes eaux. . .	649
			hautes eaux. . .	600
8. Vallée.	1843 ?	. . . . .	eaux moyennes.	346
			basses eaux. . .	200

On le voit, toutes ces observations ne sont pas d'accord entre elles, et le jaugeage du Rhône mériterait d'être examiné de nouveau.

Je dois à l'obligeance de M. le professeur Charles Dufour de Morges les renseignements suivants au sujet du **jaugeage du Rhône à la porte de Sex** près de son entrée dans la partie orientale du lac.

[1] L'observation n° 1 a été communiquée par M. le prof. Chaix; celles indiquées aux n°s 2, 3, 4, 5 et 7 sont extraites de l'article de M. le prof. Chaix, *Archives*, 1857, XXXIV, 55. — Celles du n° 6 viennent du *Bullet. Soc. Vaud. des Sc. nat.* 1859, VI, 220, et celles du n° 8 des *Comptes rendus de l'Acad.* 1844, XIX, 930 et de l'*Institut*, 1844, 375.

JAUGEAGE DU RHÔNE A LA PORTE DE SEX

Observateurs.	Dates.	Localités.	Hauteur du limnimètre du Grand-Quai.	Métr. cub. par sec.
Messieurs Burnier et Louis Dufour.	22 févr. 1858	Porte de Sex. . . .	13 pouces . . .	39[1]
le prof. Gay . . .	8 avril 1863		35 p.	55
Id.	14 sept. 1863		62 p. 5 lignes.	193
Id.	15 sept. 1863		61 p. 2 »	

M. Ch. Dufour a bien voulu encore me communiquer les notes suivantes sur le **jaugeage de divers affluents** du lac pendant les basses eaux.

La Venoge, le 24 février 1858 débitait . . . . 950 litres par seconde.
La Morges, id. . . . . 140 »
L'Aubonne, le 2 mars 1858. . . . . 340[2] »
La Monneresse, près Vevey, vers la même époque. 249[3] »
La Veveyse, la baie de Clarens et la baie de Montreux débitaient ensemble . . . . 750 à 850 »

§ 10. — M. le professeur Chaix[4] a fait treize **jaugeages de l'Arve** au pont de bois en aval du pont de Carouge, d'après lesquels on peut dresser le tableau suivant qui donne une idée juste du débit de cette rivière :

[1] Les eaux étaient exceptionnellement basses, cependant elles avaient été de 15 centimètres plus basses dans le courant de janvier. M. Vallée a jaugé le Rhône au pont de St-Maurice le 17 mai 1843, et il a trouvé des chiffres qui lui paraissent trop élevés pour le débit du Rhône, savoir 350 mètres en hautes eaux et 58 mètres en basses eaux, *Comptes rendus de l'Ac. des Sc.* 1844, XIX, 930.

[2] Mesuré au canal de la poudrière où toute l'eau passait à peu de chose près.

[3] D'après M. Doret, de Vevey.

[4] Mémoire cité.

Dates.	Heures.	Niveau à l'échelle.	Mètres cubes par seconde.
4 octobre 1855 . . .	8 h. matin. .	0,24	36,8
27 octobre 1856 . . .	1 à 3 h. soir.	0,28	36,5
14 février 1856. . . .	1 h. ½ soir.	0,32	62,5
5 mai 1856	4 h. ½ soir.	0,47	96,7
26 juillet 1855	3 à 5 h. soir.	0,77	220,6
14 juillet 1855	11 h. matin.	0,80	195,0
8 octobre 1855 . . .	2 h. ½ soir.	1,08	277,3
13 mai 1856	5 h. ½ soir.	1,14	320,2
20 octobre 1855 . . .	1 h. soir. . .	1,98	447,8
16 mai 1856	5 h. ½ soir.	2,40	605,5
29 mai 1856	. . . . .	2,60	701,9
Août et septemb. 1856.	par estimation.	2,85	785,3
Mars[1] 1858	10 h. ½ mat.	0,10	20 -

Le zéro de l'échelle a été placé au-dessous du point le plus bas où les eaux soient jamais descendues, à $1^m,60$ au-dessus du lit de la rivière en 1857. Le niveau le plus élevé que M. Chaix ait observé, $2^m,60$, a été atteint le 29 mai 1856, à midi et demi, après treize jours de pluie et deux jours avant l'inondation de Lyon. Cependant, en septembre 1852, les eaux atteignirent $2^m,85$ de l'échelle.

§ 11. — Dans le temps où les eaux de l'Arve se jetaient dans le Rhône plus près de la ville de Genève que maintenant, elles retardaient considérablement le cours du fleuve lorsqu'elles éprouvaient de grandes crues. De Saussure indique les dates suivantes, auxquelles le Rhône reflua tellement, que les moulins tournèrent en sens contraire : le 3 décembre 1570, le 21 novembre 1651, le 20 février 1711, le 14 décembre 1733[2]. Il paraît que le 26 octobre 1778 il se produisit un phénomène analogue, mais moins fort.

[1] Notes inédites.
[2] Voyez § 16.

Casaubon, dans ses notes sur Strabon, parle de l'influence de l'Arve sur le Rhône en 1752. Ce dernier eut encore une marche rétrograde en 1740. « Si une femme « s'était noyée à cette époque, » lit-on dans le *Journal helvétique* de mai 1743, « son cadavre aurait remonté la « rivière tout naturellement, et l'on n'aurait point été fondé « à en conclure que le caractère de la défunte eût été l'es- « prit de contradiction [1]. »

On lit encore dans le *fardelet historical*, publié à Genève en 1495, que le 9 janvier de cette année, « il se fit un si « grand vent qu'il fit remonter le Rhône bien un quart de « lieue au-dessus de Genève et semblait être une mon- « tagne d'eau et dura bien l'espace d'une heure que l'eau « ne pouvait s'écouler » *(Fasciculus temporum*, en français, Genève 1495) [2].

Le fait est que, si on a quelques doutes sur les moments où se produisit dans le cours du Rhône un temps d'arrêt et parfois même un courant se dirigeant vers le lac, on n'en peut avoir aucun sur la réalité de ce singulier phénomène. Il fallait, pour y donner lieu, le concours d'une grande crue des eaux de l'Arve et d'un coup de vent des plus violents. Depuis que la jonction de l'Arve et du Rhône

[1] Baulacre, Œuvres, I, 53.

[2] Un événement semblable paraît avoir eu lieu le 19 janvier 1645. Voyez sur ce phénomène curieux : Spon, *Histoire de Genève*, I, 508. — *Greg. Leti. historia Genevrina*, IV, 126, 127 ; Picot, *Hist. de Genève*, II, 444-449, qui cite un mémoire intitulé : « Accurate description of the lake of Geneva, » imprimé dans les *Transact. Philosoph. de la Soc. Roy. de Londres*, 1672, et le commentaire de Des Gallars sur l'Exode imprimé en 1560 qui paraît rappeler l'événement de 1495. Plusieurs de ces auteurs et Senebier, *Hist. litt. de Genève*, III, 219, indiquent un poëme latin d'un Genevois nommé Calendrini sur l'orage de 1645 et disent qu'il a été imprimé dans les Œuvres du baron Zuilichen. Je rapporte ces citations sans avoir pu les vérifier.

a été éloignée de Genève par des travaux, il paraît que cette action sur le Rhône ne peut se reproduire.

§ 12. — Dans divers ouvrages on dit que le Rhône roule des paillettes d'or[1]. Il paraît qu'il en est parlé dans les auteurs anciens: Pline, Diodore de Sicile, Strabon et Polybe. Au siècle dernier, Réaumur[2] dit que cet or contient un sixième de cuivre et d'argent, et qu'il est à 20 karats. Hellat[3], Gobet[4], Alph. Barba[5], Guettard[6] et Dietrich[7] parlent des sables aurifères du Rhône[8]. Il est évident que cet or provient de l'Arve et que si le Rhône renferme des paillettes de ce métal en amont du lac, elles se déposent et ne peuvent traverser le bassin du Léman.

L'Arve au contraire jette dans le Rhône, en aval de Genève, son sable aurifère qui est entraîné au loin. « Le gouvernement de cette ville concéda en 1656, pour trois ans, à raison de cent florins par an, qui faisaient 130 florins en 1807, le privilége de recueillir les paillettes d'or dans les sables de l'Arve[9]. »

§ 13. — Nous admettons volontiers avec de Saussure (*Voyages*, § 215), que le lac de Genève avait anciennement un niveau beaucoup plus élevé que celui qu'il a maintenant, et que, par conséquent, ses dimensions étaient notablement plus grandes. Nous fixerons plus tard cette limite, qui est déterminée par l'élévation et l'étendue des terrasses

[1] *Journal des Mines*, au III, n° 1, 74.
[2] *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1778.
[3] Etat des mines du royaume, 1764.
[4] Anciens minéralogistes, 1779.
[5] Métallurgie, 1751.
[6] Minéralogie du Dauphiné et *Mém. de l'Acad. des Sc.*
[7] Gîtes de minerai, 1789.
[8] Note tirée du *Journal des mines*, 1806, XX, 113.
[9] Description de Genève, par Mallet, ingénieur-géographe, 1807, 17. — Le florin de Genève valait environ 46 centimes.

de gravier des alluvions lacustres placées sur ses bords; mais il y a loin de cette idée à l'adoption de l'hypothèse un peu confuse soutenue par de Saussure, dans laquelle il avance que « la mer couvrait nos montagnes à une hauteur consi-« dérable; qu'il se fit une violente débâcle de ces eaux, qui « entraîna dans notre vallée des fragments de montagnes « très-éloignées, etc., etc. »

§ 14. — Quant aux effets des eaux du lac sur ses rives, ils sont peu considérables, parce qu'ils sont paralysés par l'action de l'homme; toutefois, dans certaines localités fort exposées aux vagues, dans lesquelles on n'a pas encore fait de travaux et dans celles où d'anciennes digues ont été détruites, on remarque un empiétement notable du lac sur ses bords.

Nulle part, je crois, ce fait n'est plus évident qu'à la pointe d'Yvoire, où il ne reste à peu près plus rien du château de Rovérea (§ 65). Cette action destructrice est d'autant plus remarquable sur ce point, que fort près de là, dans le golfe de Coudré, il se forme des dunes qui sont le résultat d'une action conservatrice. Ces deux exemples résument nettement l'influence du lac sur les côtes. Au reste, dans le chapitre suivant, nous allons nous occuper de la manière dont les eaux du lac et des rivières de notre pays se sont comportées à des époques plus ou moins anciennes.

CHAPITRE II

SUITE DE LA PLAINE

DES TERRAINS QUATERNAIRES

Quatre terrains, § 15. — Leur coupe, 16.
Alluvions modernes. Alluvions de l'Arve, 17. — Dénudation de Plainpalais et de Carouge, murailles de la Cluse, 18 et suiv. — Atterrissements des rivières, 20. — Atterrissements du lac. Pâquis. Niveaux divers des eaux du lac. Colovray près Nyon. Colonnes romaines, 23.

§ 15. — Malgré les nombreuses observations qui ont été faites sur les terrains des environs de Genève, il nous en reste encore quelques-unes à glaner. Voici d'abord le trait le plus saillant de l'ensemble de ces terrains. J'ouvre l'ouvrage de M. Necker[1], à la page 232, et je vois que ce savant distingué reconnaît deux dépôts diluviens dans cette région. « Si l'on étudie avec attention, dit-il, les dépôts diluviens « autour de Genève, on reconnaît qu'il y a deux terrains « parfaitement distincts et caractérisés. » M. Necker les indique nettement, et nomme l'inférieur « Alluvion ancienne, » et le supérieur « Terrain diluvien cataclystique. » J'avais adopté cette division en 1843. Maintenant je pense que l'on ne peut étudier la géologie de nos environs sans reconnaître **trois terrains** appartenant à la partie de l'époque quaternaire, où le régime des eaux n'était pas ce qu'il est aujourd'hui. Ce sont, comme l'indique M. Necker, l'*alluvion ancienne* dans le bas, le *diluvium cataclystique* au-

[1] *Études géologiques dans les Alpes*, 1841.

dessus, et plus haut encore, comme je l'ai déjà dit[1], l'*alluvion des terrasses*. M. Necker n'avait pas réussi dans son ouvrage[2] à établir ces distinctions d'une manière satisfaisante. Il me semble nécessaire de modifier les noms que je viens d'employer, et de substituer au nom de dépôts diluviens, celui de dépôts quaternaires, qui sera plus en harmonie avec les faits reconnus par la science; nous ne trouverons rien, en effet, dans ces études, qui justifie la première de ces dénominations; le nom d'alluvion ancienne sera conservé, quoiqu'il puisse donner lieu à des confusions; le diluvium cataclystique s'appellera maintenant terrain glaciaire; assez de preuves relatives à son origine ont été accumulées depuis près de trente ans pour autoriser ce changement. Enfin, après l'alluvion des terrasses, se sont formés les dépôts de l'époque moderne, composés de tourbes, de tufs, d'éboulements et de l'alluvion des rivières.

Pour établir nettement la distinction entre ces différents étages du terrain quaternaire, il est bon, je pense, de signaler tout près de Genève une coupe remarquable par sa netteté, où l'on voit :

l'alluvion moderne,
l'alluvion des terrasses,
le terrain glaciaire,
et l'alluvion ancienne avec sa marne à lignite.

§ 16. — Cette coupe est située à une demi-heure de la ville. En se rendant au **bois de la Bâtie**, on chemine dans une plaine formée par l'*alluvion moderne* dont les éléments se confondent avec ceux du lit actuel de l'Arve.

A l'angle du bois de la Bâtie se trouve (Pl. II, fig. 1) l'*alluvion ancienne (c)*, dans laquelle on a creusé de nombreuses

[1] Explication de la carte géologique, etc. *Archives*, 1862, XV, 243, 248.
[2] *Études*, p. 227.

caves; à sa base, du côté de l'Arve, se montre une couche d'argile grise et de sable avec des traces de lignite *(d)*. Au-dessus, s'étend le *terrain glaciaire* *(b)* avec des cailloux striés. Il est peu développé à l'angle même du bois, mais il devient de plus en plus puissant à mesure qu'on s'en éloigne, soit en suivant le bord du Rhône, soit en allant du côté de Lancy. Si de ce village on prend le chemin du Bachet de Pesey, on voit que l'alluvion ancienne a disparu, le terrain glaciaire occupe la pente de la terrasse, et sur lui se trouve une épaisseur de deux ou trois mètres de gravier *(a)* de l'*alluvion des terrasses* activement exploité.

Nous allons maintenant parler de ces différents terrains, en allant des plus récents aux plus anciens.

§ 17. — Notre pays n'est pas assez étendu pour que les **alluvions modernes**, déposées dans les temps historiques ou au-dessous du niveau des plus grandes crues des rivières, puissent offrir beaucoup de faits curieux. Mais si on ne peut remarquer de changements notables dans l'état du pays, on voit quelques remaniements du sol faits sur une assez grande échelle. J'ai souvent été frappé de la puissance de transport de l'Arve, et des accumulations considérables de cailloux roulés qu'elle forme dans le voisinage de son confluent avec le Rhône. Cette rivière, qui n'a dans cet endroit que $0^m,2369$ de pente pour 100 mètres [1], charrie des cailloux que l'on a quelque peine à soulever et en forme un banc qui démontre la force de projection des eaux.

§ 18. — Il est évident que la puissance d'érosion de l'Arve est la cause de la dépression, dont le fond est occupé en partie par la plaine de Plainpalais, par Carouge, et qui s'étend du Bachet de Pesey au pied de la promenade de la

[1] Hypsométrie de M. A. de Candolle, p. 100.

Treille, et de Pinchat au bois de la Bâtie. Le fond de cette dépression, dont le *creusement* remonte probablement à la fin de l'époque glaciaire, a été en partie nivelé par l'Arve dans les temps historiques, et cette action rentre dans l'époque moderne, quoiqu'on n'en ait pas conservé le souvenir. J'en ai trouvé la preuve dans les fouilles qui ont été faites au **champ de la Cluse**, près de l'Hôpital cantonal. En juin 1859, on avait ouvert un fossé pour construire un égoût. Il était creusé à $2^m,50$ ou 3^m de profondeur dans un mélange de sable et de gravier déposé par l'Arve. Ce gravier n'avait jamais été remanié: les galets étaient posés à plat, alternant avec des lits de sable très-quartzeux et stratifiés assez régulièrement, quoique présentant une structure torrentielle. Sous ce terrain, au fond du fossé, on a découvert un pavé très-solide et des pans de murailles. Il y avait également de petits fragments de briques très-rouges, probablement romaines. Le fossé n'était pas assez large pour qu'on pût reconnaître quelle avait été la construction dont on apercevait les traces. Il est donc évident que cette partie de la plaine a été recouverte par les dépôts de l'Arve depuis les temps historiques [1]. Dans ces anciens murs j'ai trouvé des groupes de cristaux aciculaires de chaux carbonatée, qui s'étaient formés aux dépens du mortier.

§ 19. — L'Arve serpente dans le canton de Genève en replis sinueux; des *méandrines* analogues qui se voient dans l'intérieur de la Suisse ont fait penser à M. Studer qu'elles étaient le résultat d'oscillations du sol [2]. Mais il

[1] On voyait l'extrémité d'une muraille du côté de l'hôpital à 26 pas de l'angle du chemin qui conduit de cet établissement à la route des Petits-Philosophes, et le pavé s'étendait sur une longueur de 15 pas à partir de cet angle en allant dans le sens de cette dernière route.

[2] Sur les mouvements lents éprouvés par le sol tertiaire de la Suisse, et sur les méandrines des rivières de ce pays. *Archives*, 1849, XI, 61.

semble qu'on peut expliquer leur origine par le simple mouvement des eaux de la rivière.

On remarque des **dénudations** considérables dans le voisinage de ce grand cours d'eau: l'une d'elles s'étend d'Annemasse à Veirier, au pied du mont Salève; une autre, plus rapprochée de Genève mais moins étendue, comprend le sol de Plainpalais et de Carouge, élevé de 380 mètres au-dessus du niveau de la mer. La hauteur moyenne du plateau qui l'entoure est de 410 mètres, par conséquent l'épaisseur du terrain emporté est de 30 mètres. La longueur de cette dépression étant de 2800 mètres et sa largeur moyenne de 1800 mètres, on en conclut que 151 200 000 mètres cubes de terre, de gravier et de sables ont été emportés par les eaux[1]. A quelle époque ce travail a-t-il été fait? On peut croire qu'il a commencé aussitôt après que l'Arve eut pris son écoulement régulier, c'est-à-dire après la fonte des anciens glaciers, et probablement pendant leur période de retrait. La rivière coulait alors à peu près au niveau du village d'Annemasse, du bois de la Bâtie et des Tranchées. Depuis ce moment, elle a continué et elle continue encore son travail. La période durant laquelle elle l'a fait est celle de l'alluvion des terrasses, dont nous parlerons plus tard.

Par conséquent, tout ou partie de cette dépression de Plainpalais et de Carouge a été envahie par les eaux de l'Arve dans les temps historiques, comme je viens de le dire, et ce sont peut-être des travaux faits de mains d'hommes qui ont donné à cette rivière son cours actuel.

§ 20.— Le Rhône ne produit pas d'atterrissements dans

[1] Un entrepreneur de bâtiments m'a dit avoir trouvé une tuile romaine à 6 mètres de profondeur dans le sable glaiseux qui forme le sol de Plainpalais.

les environs de Genève, parce qu'il est trop encaissé et que ses eaux sont trop pures; mais il est d'autres petites rivières dont l'action, a modifié notablement la surface du sol.

L'Aire, par exemple, forme des dépôts considérables dans la plaine entre Confignon et St-Julien; je crois que ces dépôts, qui se continuent à présent, ne remontent pas à une haute antiquité, parce que l'Aire ne paraît pas avoir toujours eu le même cours. Lorsqu'on regarde l'ancien lit de l'Arande, près du village de Latoix, on est frappé de sa grandeur fort disproportionnée à la petite quantité d'eau qui y coule maintenant; si, d'autre part, on examine les environs de St-Julien, il paraît probable que cette rivière, qui au-dessous de cette petite ville prend le nom d'Aire, a coulé anciennement du côté de Soral; car on peut voir près de ce village une berge bien marquée. Les niveaux suivants, qui sont ceux de quelques points où aurait passé cette rivière, autorisent mon hypothèse sur son ancien cours. St-Julien est à 468 mètres au-dessus de la mer; Soral à 440 mètres; Athenaz à 430 mètres, et Avusy à 420 mètres. Il est possible que ce soit ce grand ruisseau qui ait déposé les sables des environs d'Avusy et de la route de Chancy, car lui et ses affluents prennent leurs sources dans une région de mollasse. Plus tard cette rivière, ayant changé de direction, a taillé la grande berge placée au-dessous de Confignon, et a déposé ses atterrissements dans la plaine. Il est évident que quelques-unes de ces actions sont contemporaines des alluvions des terrasses; mais d'autres appartiennent aux temps historiques.

§ 21. — Le Foron a certainement diminué, par ses atterrissements dans les environs de Puplinge, l'étendue des marais voisins. Le Loudar, qui passe près de la petite

ville de Gex en entraînant pendant les grandes crues des quantités énormes de débris arrachés aux flancs du Jura, a formé la magnifique plaine qui s'étend entre Segny, Cessy et Versonnex. Enfin il est probable que le Vion, qui prend sa source dans le coteau de Boisy composé de mollasse, rend cette roche à sa nature première en la faisant passer à l'état de sable, et qu'il a comblé l'espace placé entre le coteau de Boisy et la colline erratique d'Yvoire; cet espace est occupé par des dunes qui sont certainement le produit de cette action unie à celles du vent et du lac.

§ 22. — **Le lac** a formé quelques dépôts d'atterrissements sur ses bords; nous en avons un exemple dans la partie basse du quartier des **Pâquis**. En 1858, je trouvai la coupe suivante dans des fouilles faites pour la construction d'une maison[1]:

1° Terre végétale noire. . . . . $0^m,30$

2° Gravier grossier et petit, propre comme le gravier du lac et non terreux . . . . . $0^m,80$

Cette couche varie d'épaisseur dans la longueur de la fouille; elle est plus épaisse dans la partie voisine du lac, et s'amincit en s'en éloignant.

3° Sable gris bleu, mélangé de veines rougeâtres légèrement ferrugineuses, rempli de coquilles. . $0^m,30$

Elles appartiennent aux espèces suivantes:

Lymneus stagnalis, Drap.
« *palustris*, id.
Paludina impura, Lam.
Valvata piscinalis, id.
Planorbis carinatus, id.
Piscidium, sp. ?

[1] Appartenant à M. Gaudin.

4° Glaise bleuâtre, épaisseur inconnue.

Un fontenier a sondé ce terrain jusqu'à 90 mètres sans trouver le fond, m'a-t-il dit.

M. l'ingénieur Rochat, qui a eu l'obligeance de prendre le niveau de la couche à coquilles, l'a trouvé à $1^m,39$ (51 pouces) au-dessus des eaux moyennes du lac. Le niveau de ces eaux étant à 40 pouces de l'échelle du limnimètre du Grand-Quai [1], la couche à coquilles est à 91 pouces de ce limnimètre. D'après le résumé donné par M. Plantamour, la moyenne des hautes eaux a été, pour neuf années, de 78,5 pouces [2]; par conséquent la couche à coquilles est plus élevée que ce niveau; mais elle ne l'est pas autant que les crues exceptionnelles du lac, telles que celles qui ont eu lieu dans les années suivantes:

En 1846	les eaux ont atteint	94	pouces.	
1817	»	100	»	
1816	»	99	»	
1794	»	92	»	
1792	»	101	»	($2^m,73$)

La couche à coquilles peut donc avoir été déposée par les hautes eaux du lac, quoiqu'elle semble être à un niveau un peu élevé. Il est évident que si le lac avait été plus haut anciennement, la formation de cette couche à coquilles s'expliquerait plus facilement qu'on ne peut le faire dans l'état actuel des choses. D'autant plus, qu'il faut ajouter encore une hauteur de 29 $^1/_2$ pouces soit $0^m,80$ pour l'épaisseur de la couche de gravier formée par le lac au-dessus de la couche à coquilles, ce qui fait un total de 120 pouces pour ce terrain lacustre, au-dessus du 0 du limnimètre. Cette

[1] *Archives*, 1847, IV, 267.
[2] *Ibid.*

élévation semble indiquer un léger abaissement dans le niveau des eaux du lac [1].

Dans une autre fouille qui était faite dans le même moment, également dans le quartier des Pâquis (maison Séchehaye), on voyait la coupe suivante :

a) Terre de remblais	1,65
b) Gazon pourri	0,03
1. Terre végétale caillouteuse	1,30
2. La couche de gravier de la coupe précédente manque ici parce que cette coupe est placée plus loin du lac.	
3. Sable coquiller (le même que celui de la coupe précédente)	0,12

4. Glaise bleue à cailloux polis, arrondis, striés, d'une épaisseur inconnue appartenant au terrain glaciaire; on y a vu en 1857 un bloc erratique granitique, en creusant près de Chantepoulet un grand égoût et un autre bloc près du bureau de l'octroi de Cornavin, etc.

§ 23. — A l'endroit nommé **Colovray**, près de Nyon, on trouve les traces d'un atterrissement produit par un ruisseau et d'une dénudation opérée par le lac. On voyait, en 1863, trois colonnes romaines couchées sur la grève du lac : deux d'entre elles étaient en pierre calcaire ressemblant à ce qu'on nomme la roche du Jura, la troisième était en dolomie grenue, telle qu'on la trouve dans le terrain jurassique

[1] On sait qu'il a été démontré par un travail fait avec soin, que les eaux du lac n'ont pas changé de niveau depuis une date fort reculée; et cette idée est pleinement confirmée par un passage du voyage d'Addisson en Suisse et en Italie en 1699 et 1700, dans lequel il décrit les carrières de mollasse exploitées à une petite profondeur au-dessous des eaux du lac. *Voyages*, édit. de Londres, in-4°, 1721, 2me vol. 161. *Mém. de la Soc. de Physique et d'Hist. nat. de Genève*, 1832, V, 63. L'abaissement dont je parle a eu lieu peut-être beaucoup plus anciennement.

supérieur et en particulier à Charrix près Nantua. Cette dernière présentait une inscription en lettres de huit centimètres de hauteur se rapportant à l'empereur Marc-Aurèle (161 après Jésus-Christ)[1]. Une quatrième colonne en calcaire avait été plantée sur la hauteur, en face de la maison de Colovray, et une cinquième a, dit-on, été vue sous terre en creusant un fossé de drainage à une petite distance du bord du lac.

Les colonnes de la grève reposaient sur l'argile glaciaire, bleue, tenace, à cailloux striés. Cette argile est très-développée dans la falaise placée un peu plus au nord, où elle s'élève à 6 ou 7 mètres au-dessus du niveau du lac, tandis qu'à l'endroit où étaient les colonnes elle atteignait à peine $1^m,50$, le jour où je le visitai (13 décembre 1863). Le lac était à 34 pouces du limnimètre du Grand-Quai (92 centimètres). La partie supérieure d'une des colonnes (Pl. II, fig. 2) était à 44 pouces ($1^m,19$) au-dessus du lac, ce qui est à peu près la limite supérieure de l'argile glaciaire. L'extrémité de cette colonne était enfouie sous 59 pouces ($1^m,59$) d'un gravier qui ressemble à celui du lac. Il est bleuâtre, propre, sans terre ni débris, et en couches horizontales, ce qui constitue une grande différence avec le gravier des terrasses voisines, lequel est toujours en couches inclinées contre le lac. Sur ce gravier, on trouve encore 20 pouces ($0^m,54$) de terre végétale. On voit donc que la partie supérieure du gravier est à 103 pouces ($2^m,78$) au-dessus du niveau du lac, et à 137 pouces ($3^m,70$) de l'échelle du limnimètre de Genève. Or, comme je viens de le dire, les plus

[1] M. A. Turrettini a donné l'interprétation de cette inscription dans les *Mémoires et Documents publiés par la Société d'Histoire et d'Archéologie de Genève*, 1864, XV, 113. Les colonnes ont été portées à sa campagne de Cologny.

hautes eaux connues, celles de 1792, n'ont pas dépassé 101 pouces ($2^m,73$). Par conséquent, le haut de la couche de gravier, reposant sur la colonne romaine, dépasse d'environ 36 pouces ($0^m,97$) les plus hautes eaux. Il n'est donc pas possible que ce soient les eaux du lac, avec le régime qu'elles ont eu depuis l'époque romaine, qui aient déposé ce gravier, et il est nécessaire de recourir à une hypothèse pour expliquer ce dépôt.

Or, on ne peut admettre l'idée d'un exhaussement du niveau du lac, parce que depuis l'époque de César les parties basses de la ville de Genève n'ont pas cessé d'être habitées. Pourrait-on supposer un barrage en amont du quartier de l'Ile, dans le genre de celui qu'on y établit maintenant durant les basses eaux? Il faudrait que cet ancien barrage eût été fort élevé, car l'influence de celui d'aujourd'hui sur l'exhaussement des eaux du lac, est nulle à une fort petite distance du point où il est établi. Quoiqu'il semble qu'un fait analogue ait été constaté sur le lac de Neuchâtel [1], et que de Saussure et Necker aient avancé l'idée que les eaux du lac de Genève se sont abaissées depuis l'époque romaine, cette hypothèse ne me paraît soutenable que dans des limites qui ne sont pas assez grandes pour expliquer la formation du gravier de Colovray. On ne peut croire d'ailleurs à un glissement des couches.

Il me paraît plus simple, pour expliquer la position du gravier en couches horizontales recouvrant les colonnes romaines, d'avoir recours à l'action du petit ruisseau qui passe à côté de la maison de Colovray. Il a, sans aucun

[1] *Bull. Soc. d'Hist. nat. de Neuchâtel*, 1858, V, 16 et suiv. Le barrage ne paraît pas avoir été considérable. Gilliéron, Notice sur les habitations lacustres du pont de la Thièle, *Actes de la Société jurassienne d'émulation*, année 1860. Porrentruy 1862.

doute, formé un atterrissement presque horizontal, depuis l'époque où les colonnes romaines ont été déposées sur la rive du lac. Cet atterrissement s'est avancé dans le lac et a recouvert les colonnes. Des accumulations semblables se forment momentanément à l'embouchure des petites rivières qui se jettent dans le lac (au Vengeron par exemple). Ce ruisseau de Colovray a créé cet atterrissement aux dépens des graviers que le lac avait déposés à l'époque de l'alluvion des terrasses, lorsque l'*Elephas primigenius* vivait dans le pays. Ces graviers sont abondants dans les environs de Colovray; ils s'élèvent jusqu'à 29 mètres au-dessus du lac, à Nyon; et lorsqu'on examine le petit ruisseau de Colovray, l'on voit qu'il a emporté une très-grande quantité de ces graviers sur tout son petit bassin hydrographique. Il est donc certain que ce ruisseau qui, après avoir détruit la falaise composée d'argile et de gravier (alluvion des terrasses) qui se trouvait à Colovray et qui se voit encore un peu au nord de cette localité, a formé depuis l'époque romaine un atterrissement dont les restes sont à 137 pouces au-dessus du 0 du limnimètre. Puis cet atterrissement a été emporté par l'action du lac, et les colonnes romaines qui avaient été recouvertes ont été mises au jour.

Voilà des preuves de destruction, de reconstruction et de nouvelle destruction des terrains placés sur les bords du lac, qui paraissent bien évidentes. Dans ces endroits retirés, se continue, comme partout, la grande lutte, qui a toujours existé, entre la terre et l'eau.

CHAPITRE III

SUITE DE LA PLAINE ET DES TERRAINS QUATERNAIRES

ALLUVIONS DES TERRASSES

Ses caractères, § 24. — Tranchées, 25. — Nyon. Bachet de Pesey, 26. — Hôpital cantonal, 27. — Gaillard, 28. — Thonex, Etrembières, 29. — Tranchées, 30. — Le long du Rhône, 31, 32, 33. — Divers auteurs, 34.
Terrasses des bords du lac, 35. — Canton de Vaud, 36, 37.
Thonon, 38. — Argile du port, 39.— Hermance, 40. — Tableau, 41.
Grandeur du lac, niveaux voisins du Fort-de-l'Ecluse, 42 et suiv. — Animaux, 44. — Cavernes du Salève, 45. — Passage des temps géologiques aux temps historiques, 46.

§ 24. — Nous venons de parler de quelques-uns des dépôts formés dans notre pays pendant l'époque historique ; passons maintenant à ceux qui appartiennent aux temps anté-historiques, mais qui sont peut-être en partie contemporains de l'homme. Nous trouvons des graviers de cette époque aux alentours de Genève. Ils sont nettement stratifiés, et sont placés sur les bords de l'Arve et sur ceux du Rhône. Quelques auteurs les nomment alluvions anciennes [1], et d'autres, alluvions post-glaciaires. Ils se retrouvent dans tous les pays du monde. Jamais ils ne renferment de cailloux striés, ni de blocs erratiques. Ils sont superposés aux terrains glaciaires, et sur les bords du lac, ils se présentent en couches qui plongent de toutes parts du côté de ce grand

[1] On voit dans les *Actes de la Soc. helvétique des Sc. nat.*, Chaux-de-Fonds 1855, que M. Ischer place ce qu'il nomme l'alluvion ancienne au-dessus du terrain erratique. M. Zollikofer dit que la boue glaciaire est au-dessous du diluvium ancien. *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.* V, 21.

bassin d'eau douce. Ces couches se sont évidemment formées dans cette position; elles constituent des terrasses bien caractérisées, qui n'ont subi ni soulèvement, ni affaissement.

Les graviers qui les composent se voient en beaucoup d'endroits dans les environs de Genève, aux Tranchées, à Sécheron, à Genthod, à Versoix, sur la rive méridionale du lac, etc., etc.; ils ont été déposés à l'époque qui a suivi la période glaciaire. Les eaux du lac et des rivières de notre pays étaient plus considérables alors que maintenant; ces dernières coulaient à des niveaux bien supérieurs à ceux que nous leur voyons, comme nous allons le démontrer; puis, en diminuant de volume et en creusant leurs lits, elles ont taillé des terrasses dans les débris qu'elles avaient apportés, et elles ont déposé des sables et des graviers à la surface de ces plates-formes. Ces terrasses sont à différents niveaux; les plus élevées sont les plus anciennes, les plus basses se confondent peu à peu avec celles de l'époque moderne [1].

§ 25. — Les graviers de l'alluvion des terrasses sont d'abord ceux **des Tranchées** [2]. Ils ne sont point terreux et ont été bien lavés, ce qui est un caractère des graviers lacustres; leurs couches plongent du côté du lac avec une

[1] M. Peters a remarqué que les terrasses diluviennes les plus élevées placées le long du cours du Danube, en Bessarabie, sont caractérisées par des *helix circinata*, des *Pupa tridens*, etc.; dans les terrasses les moins anciennes et les plus basses on recueille les *Helix austriaca* et *Pomatia* (?) Ces dernières terrasses, qui sont de 20 à 35 pieds (6,50 à 11,30 mètres) au-dessus du niveau du Danube, ont offert quelques traces de la présence de l'homme, mais la date en est encore incertaine. Constitut. géol. de la Dobrutscha, etc. *Ac. des Sc. de Vienne, Sc. math. phys. et nat.* 7 juillet 1864. — *Institut*, 1865, 6.

[2] Plateau situé dans la partie S.-E. de la ville près de Contamines. Pour la plupart des localités de ce chapitre, voyez la carte du canton de Genève au $^1/_{25000}$.

inclinaison de 25 à 30°. Ils reposent sur l'argile glaciaire qui se montre sur la petite hauteur de Florissant. Cette argile passe sous le gravier des Tranchées et vient apparaître dans la partie basse de la ville, à peu près à la rue Traversière. Elle occupe dans le port et dans le lac une étendue considérable et atteint une grande épaisseur, comme je l'ai dit § 22.

Les graviers des Tranchées s'élèvent à 407 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ils sont, par conséquent, à 32 mètres d'élévation au-dessus du lac et à 30 mètres au-dessus de l'Arve au petit pont de bois en aval de Carouge (377 mètres). Le prolongement de ce plateau avec ce même niveau se retrouve à plusieurs endroits sur la rive septentrionale du lac de Genève.

§ 26. — **A Nyon**, dans le canton de Vaud, on voit ces graviers à 404 mètres au-dessus du niveau de la mer, soit 29 mètres au-dessus du lac (carte fédérale). Ils s'étendent probablement à quelques mètres plus haut, et sont très-remarquablement développés un peu au sud de cette ville, où ils reposent sur le terrain glaciaire, comme on le voit à la tuilerie du Boiron. Ils sont en majorité formés de cailloux jurassiques; leur stratification est irrégulière, elle plonge du côté du lac de 15 à 30°, mais à leur partie supérieure les couches sont horizontales. Ils sont recouverts par un lœss rougeâtre, peu épais et sans stratification.

Au sud de Genève, ce même niveau se retrouve à la terrasse du **Bachet de Pesey**, sur la route de Genève à St-Julien (402 mètres), et ces mêmes graviers s'étendent jusqu'aux environs du village du Plan-les-Ouates (404 mètres).

Remarquons que ce niveau est à environ 30 mètres au-

dessus du lac et de l'Arve[1]. Nous désignerons cette terrasse d'après son élévation, sous le nom de terrasse de 30 mètres.

§ 27. — Plus bas encore se trouve la terrasse de l'**Hôpital cantonal**, qui mérite le nom de terrasse de 11 mètres. Elle est à 8 mètres au-dessus de la plaine qui elle-même est à 3 mètres au-dessus du cours de l'Arve[2]. Le trait saillant de ces terrasses est celui-ci : elles sont horizontales lorsque la vallée est horizontale, et en pente lorsque la vallée présente une inclinaison. Par conséquent, nous devons les trouver horizontales le long des bords du lac, et à des niveaux absolus différents les uns des autres le long du cours de l'Arve et du Rhône. Elles seront cependant toujours à la même élévation relative au-dessus des cours d'eau qu'elles bordent.

Examinons sous ce rapport les principales terrasses de notre pays ; malheureusement nous manquerons quelquefois de données hypsométriques.

§ 28. — La plus belle des terrasses des environs de Genève est celle que je nommerai **terrasse de Gaillard**, parce que ce village est au point où l'on juge le mieux de sa disposition. Elle est formée par des graviers stratifiés, exploités en plusieurs localités, et qui reposent sur l'argile glaciaire; cette terrasse s'étend de Vernaz à Ville-la-Grand sous forme d'un plateau remarquablement uni, presque horizontal, se relevant très-légèrement du côté des montagnes. Les villages de Gaillard, de Valard, de Moillesulaz,

[1] Cette rivière au pont de bois en aval de Carouge est à peu de chose près au même niveau que le lac.

[2] Ces mesures sont toujours approximatives, parce que le bord des terrasses, où en général se prend la mesure, n'est pas très-bien nivelé, et que le cours de l'Arve auquel on le compare est en pente ; la hauteur varie donc suivant les points choisis comme termes de comparaison.

de Chêne-Thonex, d'Ambilly, d'Annemasse et de Ville-la-Grand sont placés à sa surface. Sur tout cet espace on ne voit pas un bloc erratique, quoique la terrasse soit en face de la vallée de l'Arve par laquelle il en est arrivé un si grand nombre. Les blocs sont au-dessous des graviers de la terrasse dans la glaise glaciaire.

Quelle est l'élévation de cette terrasse? Nous pouvons croire que l'Arve près du pont d'Étrembières est à 400 ou 402 mètres. C'est à ce niveau qu'il faut rapporter les hauteurs prises dans la partie supérieure de la terrasse, tandis que nous comparerons celles de la partie inférieure à la cote de 392 mètres, placée à l'embouchure du Foron.

Le point de la pierre à Bochet, sur la route de Chêne à Jussy, qui est à 426 mètres au-dessus de la mer, est placé à peu près au milieu du bord intérieur de cette terrasse. Il est à 24 mètres de hauteur au-dessus de l'Arve à Étrembières, et à 34 mètres au-dessus de cette rivière prise à l'embouchure du Foron. On peut conclure que le milieu du plateau est à environ 30 mètres au-dessus du cours de l'Arve, mesuré à moitié chemin entre Étrembières et l'embouchure du Foron. Le village de Moillesulaz (422 mètres) est à 30 mètres au-dessus de l'Arve au pont de Sierne (392 mètres). Celui de Ville-la-Grand (440 mètres) fait peut-être exception, parce que ce village est très-éloigné de l'Arve, et que la surface de la terrasse dont je parle remonte en s'en rapprochant; aussi est-il à 38 mètres au-dessus de la rivière à Étrembières. Mais je suis peu sûr de ce niveau, et je conclus néanmoins que la terrasse de Gaillard est la terrasse de 30 mètres[1]. Le prolongement du

[1] En amont d'Étrembières, on voit des terrasses très-remarquables, mais on n'a pas de données hypsométriques qui permettent d'en fixer exactement l'élévation. Au confluent de l'Arve et de la Menoge, il en est une plus

grand plateau qui s'étend de Vernaz à Ville-la-Grand se voit sur la rive gauche de l'Arve, à Sierne à 26 mètres et au Petit-Veirier à 28 mètres au-dessus de la rivière.

§ 29. — Dans deux angles rentrants de la terrasse de Gaillard, se trouvent deux terrasses moins élevées, mais qui ont toutes les deux à peu près le même niveau au-dessus de l'Arve. Sur la première sont les villages de **Thônex**, Petit-Thônex et Fossard; elle est à 404 mètres au-dessus de la mer, ou 12 mètres au-dessus de l'Arve; la colline du Château-Blanc était probablement une île durant le temps où l'Arve a formé cette terrasse. La seconde se voit à l'O. d'Annemasse et au N. d'Étrembières; je n'en connais pas exactement la hauteur, mais elle doit correspondre, à peu de chose près, à celle dont je viens de parler. Toutes les deux sont au niveau de la terrasse de l'Hôpital cantonal.

§ 30. — En descendant le cours de l'Arve, nous revoyons la terrasse de 30 mètres, dont nous avons parlé, formée par le plateau des Tranchées et par celui qui s'étend du Bachet de Pesey au village du Plan-les-Ouates.

La terrasse des îles d'Aïre, placée en aval du confluent de l'Arve et du Rhône, est à 25 mètres en moyenne, mais elle est trop inclinée pour qu'on puisse en tenir grand compte.

§ 31. — Cette inclinaison se remarque également dans la terrasse d'**Aire-la-Ville**; cependant nous trouvons 26 mètres au-dessus du Rhône pour la partie supérieure, et 19 mètres pour la partie moyenne. En face, sur la rive droite du Rhône, nous voyons deux terrasses, l'une de 31 mètres

élevée qu'aucune de celles dont j'ai parlé; je la crois à 470 mètres. On en voit le prolongement sur le revers E. du Salève, à un niveau différent de celui de la terrasse de l'Hôpital. Les maisons de Turnier, sur la route de Mornex à Régnier, sont construites sur un plateau moins élevé. Enfin, un peu plus loin, sur la même route, on trouve une autre terrasse dont le niveau est intermédiaire entre ceux des deux précédentes.

et l'autre de 20 mètres. Elles sont constituées d'une singulière manière, par des graviers de l'alluvion des terrasses qui reposent sur les graviers de l'alluvion ancienne. Ces deux sortes de matériaux ne peuvent guère se distinguer; mais on peut croire à la présence de l'alluvion ancienne dans cet endroit, parce qu'on la voit sous le terrain glaciaire dans le lit de l'Avril et en amont de Peney.

§ 32. — Au-dessous de Cartigny, sur les deux rives du Rhône, sont des terrasses de 11 mètres; celle d'Avully est à 25 mètres. Enfin, dans la grande et longue terrasse de Chancy, nous trouvons une pente douce qui en fait varier l'élévation de 30 à 21 mètres.

En dehors du territoire suisse, je n'ai pas de carte assez grande, ni de mesures assez nombreuses, pour suivre ces terrasses jusqu'au Fort-de-l'Ecluse où le Rhône est à 325 mètres.

§ 33. — On voit donc que les terrasses de 30 mètres et de 11 mètres se trouvent fréquemment le long du Rhône et de l'Arve. Si on se représente la manière dont elles ont été taillées par les eaux, on ne trouve pas surprenant qu'il y ait des niveaux inférieurs et des niveaux intermédiaires à ceux de ces mesures; mais il ne paraît pas y avoir de terrasses plus élevées que celle de 30 mètres. Il est assez probable, comme nous le verrons plus loin, que les eaux des rivières ont été plus hautes que ce niveau, toutefois je n'ai pu en trouver des preuves évidentes, les bancs de graviers placés au-dessus de 30 mètres paraissant appartenir aux terrains glaciaires.

Les terrasses que je viens de décrire, ne constituent qu'une fort petite partie de l'ensemble de ces terrains. On retrouve, en effet, beaucoup de terrasses dans la vallée du Rhône en aval et en amont de celles de notre pays. Elles s'étendent

des bords de la Méditerranée jusqu'à la partie supérieure du cours de ce fleuve et de ses divers affluents; pour l'Arve, en particulier, on en voit encore dans la partie supérieure de la vallée de Chamonix.

Malgré la petitesse du champ de cette étude, on observe que les terrasses ne sont pas horizontales sur les bords des rivières, mais qu'elles ont une inclinaison régulière, exactement semblable à la pente des cours d'eau. Cette inclinaison ne nous dit-elle pas que depuis le moment où les cours de l'Arve et du Rhône furent fixés, le courant se fit toujours de la même manière?

De ce que nous avons dit, on peut conclure que ces rivières coulaient au moins à 30 mètres au-dessus de leurs niveaux actuels, mais l'examen des terrasses des bords du lac nous fera comprendre que ces niveaux étaient encore plus élevés. Peu à peu les rivières se sont enfoncées en creusant leurs lits, et le niveau du lac s'est abaissé à mesure que celui du Rhône descendait. Nous ne devons voir dans ce fait que le résultat d'une action lente et semblable à celle qui se continue de nos jours, mais qui devient de plus en plus lente à mesure que le lit du fleuve est plus encaissé. Il n'est pas aisé de déduire de l'examen de ces terrains quelle était l'extension du lac en aval de Genève. Les conclusions auxquelles on arrive en inspectant les bords du Rhône ne sont pas aussi complètes, comme nous le verrons, que celles que l'on peut tirer de l'étude des rives du lac. Celles-ci nous montreront que les eaux se sont probablement élevées jusqu'à 77 mètres au-dessus du niveau actuel, et se sont étendues jusqu'au Fort-de-l'Ecluse.

§ 34. — De Saussure[1] a sur ce sujet des aperçus justes,

[1] *Voyages*, § 218.

mais il ne distingue pas la période de l'alluvion des terrasses, de celle où les grands blocs erratiques ont été transportés. Bertrand[1] soutient qu'il y a toujours eu un courant traversant le passage du Fort-de-l'Ecluse, qui n'a pas été fermé et que l'écoulement du lac n'a jamais passé par-dessus le mont de Sion; mais il a placé ce courant sous la mer. De la Métherie[2] croit que notre lac n'est que le reste d'un immense bassin marin qui, au moment où la mer se retira des continents, resta rempli d'eau parce que le passage du Fort-de-l'Ecluse n'avait pas encore été formé. Le citoyen Boissel pensait également que ce passage n'avait pas toujours été ouvert[3]. Encore en 1823, Bakewell[4] attribue l'accumulation du diluvium dans les environs de Genève, à ce que le passage du Fort-de-l'Ecluse a été brusquement ouvert une première fois, tandis qu'une seconde rupture l'a rendu ce qu'il est aujourd'hui. Zollikofer a cherché à établir que la formation des terrasses est due à un soulèvement graduel du continent[5].

§ 35. — Maintenant examinons quelques-unes des **terrasses placées sur le bord du lac.** Nous devrions les trouver à des niveaux constants, si des érosions n'étaient pas venues les déranger. Nous verrons plus tard qu'il y a dans les environs de Genève des graviers bien plus élevés

[1] *Renouvellements périodiques des continents*, 1808, 98.

[2] De la Métherie, *Théorie de la terre*, 1797, IV, 496. Quelques bassins d'eau douce sont en effet les restes de bassins marins. Voyez l'intéressant article de M. Claparède, Sur l'époque glaciaire en Scandinaire. *Archives*, 1862, XIII, 315. Dans quelques-uns des bassins d'eau douce qui ont une pareille origine, on trouve des animaux marins qui se sont accoutumés à l'eau douce.

[3] *Journ. des mines*, an IV, t. IV, n° 23, p. 43. Dans cet article est décrit le cours du Rhône sur lequel Boissel entreprit une navigation périlleuse.

[4] Bakewel, *Travels*, 1823, II, 400.

[5] *Bull. Soc. Vaud.*, 1857, V, 270.

que la terrasse de 30 mètres; on pourrait en citer plusieurs exemples. J'ai mesuré le niveau d'un des dépôts les plus élevés, celui de la carrière placée près du sommet du passage du Mont de Sion, entre le Châble et Cruseille, et je l'ai trouvé à 748 mètres au-dessus du niveau de la mer, soit à 373 au-dessus du lac. Or il est évident que ni les cours d'eau de la vallée, ni le lac n'ont atteint cette hauteur, puisque le sommet du passage du Mont de Sion, entre Léluiset et Frangy, est à 274 mètres au-dessus du lac, d'après de Saussure. Ce dépôt a une origine glaciaire. Les amas de graviers situés sur le Grand Salève, à un niveau placé entre 900 et 1200 mètres, ont la même origine.

§ 36. — Dans le **canton de Vaud**, d'après M. Morlot [1], et d'après MM. Renevier et Zollikofer [2] qui paraissent d'accord avec lui, il y a des terrasses à 20, 50, 100 et 150 pieds au-dessus du niveau du lac, c'est-à-dire à environ 6, 15, 30 et 45 mètres. M. Morlot nous signale encore une terrasse à 80 pieds, soit 24 mètres [3], qui peut être assimilée à celle de 30 mètres, et il nous dit que ces terrasses ne sont pas toujours les mêmes sur les différents points des bords du lac [4]. D'après ce que M. Renevier a bien voulu me communiquer, il y a près de Lausanne une autre terrasse, qui paraît être lacustre, à 73 mètres au-dessus du lac. Ce savant en avait déjà indiqué une au même niveau, près d'Entreroche, au Mauremont [5].

[1] Sur le terrain quartaire du bassin du Léman. *Bull. Soc. Vaud.*, 1858, VI, 101 et 103. Les mesures sont des pieds suisses de trois décimètres. Voyez aussi Note sur la subdivision du terrain quaternaire en Suisse. *Archives des Sc. phys. et nat.* 1855, XXIX, 83.

[2] *Archives*, 1861, XII, 84, et *Bull. Soc. Vaud.* 1853, III, 210. Ici M. Zollikofer dit que les terrasses sont recouvertes par l'erratique.

[3] *Bull. Soc. Vaud.* 1854, IV, 60.

[4] *Bull. Soc. Vaud.* 1854, IV, 92.

[5] *Bull. Soc. Vaud.* 1853, III, 202. Voyez encore sur les terrains de

§ 37. — J'ai mesuré deux fois, au moyen du baromètre, la terrasse si bien marquée de l'Eglise de **St-Martin à Vevey**; mes deux observations n'ont différé que d'un mètre (417 et 418 mètres), et m'ont donné une élévation d'environ 43 mètres au-dessus du lac. Cette terrasse est formée de sables et de graviers en couches inclinées de 15 à 20 degrés du côté du lac. On voit encore près de Vevey une autre terrasse de gravier à 431 mètres (3 observations), soit à 56 mètres au-dessus du lac. Les autres plateformes situées plus haut, le long du cours de la Veveyse, ont été probablement formées par cette rivière, et je n'ose les ranger parmi les terrasses lacustres. Nous trouvons donc, à Vevey, les deux niveaux principaux des terrasses à 43 et à 56 mètres au-dessus du lac.

§ 38. — Sur la rive savoisienne, les terrasses sont bien marquées en plusieurs endroits; mais nulle part elles ne le sont mieux qu'à **Thonon**. La terrasse sur laquelle est bâtie cette ville est à 431 mètres d'après le chanoine Poncet, à 434 mètres d'après mon observation barométrique, et à 430 mètres d'après ce que M. l'ingénieur Dequartéry a bien voulu me faire savoir. En adoptant cette dernière mesure, cette terrasse est à 55 mètres au-dessus du lac. Elle est

cette époque : Blanchet, *Terrain erratique alluvien du bassin du Rhône*, Lausanne, 1844. — Distribution des dépôts erratiques dans le bassin du Léman. *Bull. Soc. Vaud. des Sc. nat.* 1864, I, 258. *Actes de la Soc. helvétique des Sc. nat.*, Lausanne, 1843, 74. — Chambers, Notes géolog. sur les val. du Rhin et du Rhône. *Edinb. New. Philosoph. journ.* 1849, XLVI, 149. — *Archives*, 1849, XI, 143. M. Chambers fait intervenir la mer pour expliquer la formation des terrasses. Voyez aussi sur les terrasses d'autres pays : Terrasses du lac Erié, *Americ. Journ.*, 1850, X, 31. — Agassiz, *Lac Supérieur*.—Schlagintweit, Sur les lacs Salés de l'Himalaya. *Revue de géologie* pour 1860, *Ann. des Mines* 1861, XX, 404. On trouve sur les bords de ces lacs des dépôts qui rappellent nos terrasses.—Hitchcock, Edw. *Illustrations of surface geology*, publié par la *Smithsonian Institution* pour l'année 1856. 1 vol. in-4° de 155 pages avec planches.

formée par des lits de sable et de gravier alternants, dont l'inclinaison est de 25° environ du côté du lac; les cailloux sont roulés, mais non striés[1]. Les grès et les calcaires forment la presque totalité de la masse, ce qui montre que ces alluvions sont toujours en rapport avec les terrains du voisinage. En effet, les premières chaînes des Alpes sont formées de ces roches, tandis qu'à Nyon les débris des terrains jurassiques constituent ces alluvions. Ce niveau de la terrasse de Thonon est à peu près celui de la grande plaine de Douvaine (425 mètres, ingénieurs sardes), qui est formée de quelques pieds de gravier reposant sur l'argile glaciaire.

Lorsqu'on descend de Thonon au pont de la Dranse, on passe sur une terrasse de 10 mètres environ plus basse que la précédente, c'est-à-dire haute de 43 à 45 mètres; puis sur une autre à la hauteur du second étage du château de Cuiset. Enfin le pont de la Dranse est sur une terrasse de 6 à 7 mètres au-dessus du lac. Ce dernier niveau se voit aussi dans un petit plateau à l'ouest de la ville, au bord du lac. Au-dessus de la ville une nouvelle terrasse formant la promenade nommée Sur-Crête, est à 452 mètres, soit à 77 mètres au-dessus du lac.

En résumé, près de Thonon, les terrasses sont à 7 mètres, à 30 mètres environ, à 45 mètres, à 55 mètres, enfin à 77 mètres au-dessus du lac.

§ 39. — Tous ces graviers reposent sur une couche épaisse d'argile glaciaire, dont la présence dans le lac, en avant de Thonon, a été révélée par les travaux entrepris pour le port; elle les a fait échouer, parce qu'étant chargée

[1] Il y a, un peu à l'O. de la ville de Thonon, au delà de la carrière de gravier, dans le versant de la terrasse, un bloc erratique granitique, qui montre une face de 8 pieds de longueur. Je n'ai pu me rendre un compte exact de sa position.

sur un point, elle refluait sur un autre. Cette couche qui appartient au terrain glaciaire, passe au-dessous du gravier des terrasses et se montre à une certaine distance dans l'intérieur des terres. Également à une petite distance en avant de Thonon et sous les eaux du lac on a constaté la présence d'un monticule avec des pilotis de l'âge du bronze. La couche qui les supporte est une argile de 6m,74 d'épaisseur, avec lymnées et planorbes. Au-dessous est une couche de 2 mètres d'argile et de sable, renfermant un bloc erratique de serpentine *quartzeuse*, dit-on. Elle repose sur une couche de 12m,21 de sable argileux fin, reposant elle-même sur 5m,56 d'argile compacte[1]. Par conséquent, l'argile glaciaire descend à plus de 26 mètres au-dessous du sol qui forme le fond du lac devant Thonon. Il est probable qu'elle occupe une grande étendue dans ce bassin; c'est ce que nous avons déjà dit pour les environs de Genève.

§ 40. — Plus près de cette dernière ville, à l'embouchure de l'Hermance, l'alluvion des terrasses repose, comme partout, sur la glaise glaciaire à cailloux striés. Sur la rive droite de cette petite rivière, on remarque une terrasse qui s'élève à la hauteur du sommet de la Tour, soit à 425m,6, et qui s'étend horizontalement jusqu'aux environs de Douvaine. Ce plateau correspond à la terrasse de 50 mètres.

On voit encore, à l'embouchure de l'Hermance, une terrasse de 25 à 30 mètres d'élévation au-dessus du lac[2], composée de gravier reposant sur la glaise. On en trouve une troisième à 12 mètres au-dessus du lac; une autre encore à 4m,5, et une dernière à 2m,10; celle-ci a peut-être été produite par les hautes eaux modernes. La for-

[1] Schnetzler, Notice sur le sol qui porte les ouvrages en maçonnerie du port de Thonon. *Bull. Soc. Vaud.* 1862, VII, 422.

[2] Niveau du 12 octobre 1861.

mation des terrasses se continuerait à l'époque actuelle, si les eaux du lac s'abaissaient. Il y a un passage insensible entre la terrasse quaternaire ou diluvienne et la terrasse contemporaine.

§ 41. — Le tableau suivant constate bien le niveau des terrasses dont je viens de parler, et leur concordance dans les diverses parties des rives du lac. Il ne faut pas demander trop d'exactitude dans ces mesures, parce qu'il est évident que certaines parties de ces terrasses ont été modifiées par les agents atmosphériques. D'autre part, ce tableau étant le résultat de mesures prises par des observateurs différents et à des époques différentes, il ne peut y avoir aucune idée préconçue dans l'arrangement des chiffres. J'aurais pu facilement multiplier le nombre des localités indiquées, mais celles-ci sont suffisantes pour le but que je me propose.

Je joins aux chiffres que j'ai donnés pour le bassin du Léman, quelques renseignements tirés d'un travail de MM. Martins et Gastaldi, dans lequel ils indiquent des terrasses à 6, 20, 45 et 63 mètres au-dessus de la Stura, dans le bassin du Pô[1]. M. Zollikofer en a reconnu à Sesto Calende à 10, 25, 45, 60 et 75 ou 80 mètres au-dessus du Tessin[2]. Il y a certainement de l'analogie avec les mesures dont je viens de parler.

[1] Essai sur les terrains superficiels de la vallée du Pô, etc.

[2] *Bull. Soc. Vaud.* 1856, IV, 77, 82; 1857, V, 270, et Zollikofer, *Géologie de la Lombardie.*

Environs de Genève.		Canton de Vaud.		Rive savoisienne.		Revers sud des Alpes
	mètres.		mètres.		mètres.	mètres.
		Entreroches.	73	Crête p' Thonon	77	78
		Lausanne. .				63
Moillessulaz.	30	Vevey . . .	56	Thonon. . . .	55	
Gaillard	30			Hermance . .	50	
Sierne	28			Douvaine. . .		
Veirier	28	Vevey . . .	43	Thonon. . . .	45	45
Tranchées.	32					
Plan-les-Ouates . . .	29	(Nyon 29). .	30	Thonon. . . .	30?	
Aire	25			Hermance	25 à 30	
Aire-la-Ville.	26 à 19					
Id. sur la rive droite.	31					
Avully	25					
Chancy	30 à 21					20
Etrembières	?					
Pessard	12					
Hôpital Cantonal.	11	Lausanne. .	15	Hermance . .	12	
Cartigny.	11					
		Lausanne. .	6	Thonon . . .	7	6
Plainpalais	3			Hermance . .	4,5	
				Id.	2,10	

Les mesures sont prises au-dessus du lac de Genève, qui est à 375 mètres au-dessus de la mer.

§ 42. — D'après les indications que je viens de donner, il est évident que **l'étendue du lac de Genève a été anciennement plus grande** que maintenant. Mais elle n'est pas facile à déterminer, et on n'atteindra ce but qu'au moyen de l'examen de la nature des terrasses. Si celle de 73 mètres à Lausanne, qui paraît être la même que celle de 77 mètres à Thonon, est réellement lacustre, on est forcé d'admettre une extension du lac telle que ses eaux auraient occupé une grande partie du bassin de Genève; car il ne faut pas oublier que 75 mètres au-dessus du lac donnent un niveau de 450 mètres au-dessus de la mer, c'est-à-dire de 25 mètres plus haut que la partie inférieure du Fort-de-

l'Écluse [1]. Les eaux se seraient donc étendues jusqu'à ce point.

Ce n'est pas cette grande extension du lac qui me surprend; elle est naturelle, parce qu'évidemment le défilé du Fort-de-l'Écluse était jadis moins ouvert qu'il ne l'est maintenant; elle constituerait une première période de grand développement du bassin lacustre antérieure à celle où les eaux, ayant baissé et ayant atteint le niveau de 430 mètres environ (ou un peu au-dessous), auraient été arrêtées par la colline des Tranchées réunie à celle de St-Jean et à celle du bois de la Bâtie. Alors les eaux auraient été renfermées dans un bassin plus grand que celui du lac actuel, mais ayant cependant beaucoup de rapports avec lui, car il ne s'étendait pas en aval, plus loin que de nos jours. Ce qui me surprend, c'est qu'un lac tel que celui de la première période, s'étendant dans tous les sens jusqu'à 450 mètres au-dessus de la mer, n'ait pas déposé plus de graviers et plus de terrasses qu'on n'en trouve maintenant. Il faut qu'il y ait eu peu de charriage à cette époque, ou que presque tous les graviers aient été entraînés et aient disparu.

Tout en admettant que la terrasse de 75 mètres est bien une terrasse lacustre, j'avoue que j'ai plus de certitude pour celle de 55 mètres et plus encore pour celle de 30 mètres. Mes doutes sur l'origine lacustre des terrasses vont en croissant avec leur élévation, et voici pourquoi.

[1] Voici les mesures de quelques points de repère au défilé du Fort-de-l'Écluse :

Niveau du puits n° 4 ayant servi à la construction du tunnel du Crédoz; ce n'est pas le puits le plus élevé du petit Crédoz, mais c'est le plus élevé des puits placés sur le versant de cette colline du côté de Genève. 584m,60

Fort-de-l'Écluse celui d'en bas (dépôt de la guerre). 425

Id (hypsométrie de M. de Candolle) 409

Entrée du tunnel du Crédoz du côté du Fort 389,90

Le Rhône sous le Fort (dépôt de la guerre) 325

En examinant la composition de plusieurs d'entre elles, j'ai trouvé parfois qu'elles ressemblaient à certains dépôts d'alluvions glaciaires, c'est-à-dire aux graviers déposés à des hauteurs très-variées dans de petits lacs ou étangs, dont les eaux avaient été retenues entre le terrain et l'ancien glacier qui a occupé notre vallée. Ces alluvions glaciaires peuvent, par conséquent, avoir été déposées à de fort grandes élévations; elles n'indiquent rien pour le niveau du lac, et souvent on ne peut décider si les graviers que l'on examine leur appartiennent, ou s'ils sont entièrement lacustres.

Pour bien établir l'énorme extension du lac pendant la première période, celle de la terrasse de 75 mètres [1], j'aurais désiré trouver des graviers lacustres dans différents points de notre canton. Cette nouvelle preuve, venant s'ajouter à celle que fournissent les terrasses, aurait été d'une haute utilité; mais je n'ai pas réussi, et je n'ai trouvé à ce niveau que des graviers glaciaires, tels que ceux de Bernex (430 mètres), ceux de Vernier (440 mètres), ceux de Mategnin (442 mètres) qui renferment des ossements d'animaux (§ 77). Il y a tant de graviers dans nos environs et à des hauteurs si variées, qu'en prenant un niveau quelconque, celui de 75 mètres par exemple (450 mètres au-dessus de la mer), on pourra probablement rencontrer d'un bout à l'autre de la vallée des graviers arrangés plus ou moins en forme de terrasse; mais il ne faut pas se hâter de conclure que le lac a eu cette élévation, à moins qu'on n'y reconnaisse évidemment un dépôt lacustre. On verra, plus loin, qu'il y a des terrasses très-nettement formées et qui sont

[1] Avec ce niveau, qui correspond à celui de 450 mètres au-dessus de la mer, le lac devait s'étendre des environs de Bourdigny et de Bossy au nord du Rhône et du lac dans le canton de Genève, à ceux de Troinex et de Presinges sur la rive opposée.

constituées par l'alluvion glaciaire; de beaux exemples de ce genre s'observent dans les environs de Thonon (§ 74) et au château de Crevin au pied du Salève (502 mètres, § 60).

§ 43. — Ainsi que je l'ai dit, je n'ai pas d'hésitation pour le niveau de 55 mètres. En remontant à l'époque où le lac avait cette hauteur, je me représente facilement ses limites et je comprends la cause de son existence, parce qu'il venait s'appuyer contre les collines réunies de Châtelaine et du bois de la Bâtie, qui avaient alors quelques mètres de plus qu'aujourd'hui [1].

La dépression de **Plainpalais** n'était pas creusée à l'époque où se formaient les terrasses de 55 et de 45 mètres; elle n'était pas faite même à l'époque plus récente de la terrasse de 30 mètres. Elle ne fut creusée que lorsque les eaux de l'Arve ne vinrent plus se jeter dans le bassin lacustre, mais dans le Rhône qui coulait anciennement à un niveau supérieur à son niveau actuel. Au moment donc où la terrasse de 55 mètres se formait, le lac en se déversant commençait à creuser le canal par lequel il se dégorge maintenant; et ce fut après cette époque que se déposèrent le long des bords du Rhône, à mesure que les eaux s'abaissaient, les terrasses dont j'ai parlé [2] (§ 31 et suivants).

L'histoire du lac et du Rhône est donc simple depuis l'époque de la terrasse de 55 mètres; mais avant ce temps,

[1] Sur la carte du canton de Genève, on trouve du côté de Châtelaine les hauteurs de 419, 428, 422 mètres au-dessus du niveau de la mer, et du côté du Bois de la Bâtie, 421, 417, 424 mètres. Or le niveau de 55 mètres au-dessus du lac correspond à 430 mètres au-dessus du niveau de la mer; et il n'y a aucune difficulté à croire que ces coteaux ont été abaissés de quelques mètres par le cours du Rhône lorsqu'il coulait à leur surface. Par conséquent, ces collines étaient d'une élévation convenable pour retenir les eaux du lac, tout en leur laissant un certain écoulement.

[2] En amont du lac, le niveau de 430 mètres est de deux mètres plus haut que celui de la porte du pont de St-Maurice.

si on admet que les terrasses de 75 mètres appartiennent bien réellement à un dépôt lacustre, elle est assez difficile à saisir, parce que, avec ce niveau, les eaux ont dû s'étendre jusqu'au Fort-de-l'Écluse.

§ 44. — Les **débris d'animaux** appartenant à l'alluvion des terrasses qui ont été trouvés dans notre pays ne sont pas nombreux. On a recueilli en 1853 et en 1857, dans la terrasse du Boiron près de Morges (canton de Vaud), à 25 mètres au-dessus du lac, une molaire et une défense de l'*Elephas primigenius*[1]. Une dent de cet animal a été trouvée à Lutry (même canton), également dans les graviers de la terrasse de 25 mètres[2], et près de Cully un bois de renne *(Cervus Tarandus)* dans une terrasse de 22 mètres[3]. On sait, d'après les recherches de M. Lartet, qu'en France l'ours des cavernes d'abord, l'éléphant et le rhinocéros qui ont vécu après, puis le renne, ont été contemporains de l'homme; ces animaux semblent caractériser trois époques.

Les débris de l'*Elephas primigenius* trouvés dans notre pays sont précieux en ce qu'ils fixent d'une manière très-positive l'âge de cet animal; ils proviennent du terrain post-glaciaire. Dès lors, il est probable que les autres animaux de cette espèce appartiennent à des dépôts contemporains; ceux de nos environs ont été rencontrés dans les localités suivantes :

1° Sur les bords de la London, rive droite du Rhône, en 1786[4], et sur la rive gauche de ce fleuve, vis-à-vis d'Onex.

[1] *Bull. Soc. Vaud.* 1853, III, 255; — 1854, IV, 60; V, 280, 308. Dans le gravier de la même terrasse on a trouvé le *Limneus vulgaris, L. peregr.* Drap., *L. palustris* Mull., *L. minutus* Drap., *Paludina impura* Lam., *Valvata piscinalis* Nilson, *Planorbis marginatus* Muller. Toutes ces coquilles appartiennent à des espèces qui vivent maintenant en Suisse.

[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1865, XXII, 308.

[3] *Bull. Soc. Vaud* 1859, VI, 460.

[4] *Bibl. Britanniq. de Genève, Littérat.*, 1796, I, 661.

Maintenant on ne peut plus discuter, sans rire, l'idée que les ossements d'éléphants aient appartenu à des animaux de l'armée d'Annibal [1], comme l'ont pensé quelques savants naturalistes;

2° A Fribourg, à 15 pieds dans le gravier excavé pour l'établissement du premier pont de fil de fer;

3° A Aarau [2];

4° A Lucerne [3];

5° A Zurich [4];

6° A Hertin, Mutterz, près Bâle, et Rheinfeld [5];

7° A la Wasserfallen, près Soleure [6];

8° A la Chaux-de-Fonds [7];

9° A Rapperschwyll [8];

M. Desor a indiqué encore quelques localités [9]:

10° A Durnten, canton de Zurich, on a trouvé l'*Elephas antiquus* et le *Rhinoceros leptorhinus*, ainsi que l'*Elephas primigenius* [10];

11° A la Chiesaz, près Vevey, à 253 mètres au-dessus du lac de Genève, deux dents d'éléphants ont été découvertes. Je ne sais à quelle espèce elles appartiennent [11].

[1] Stenon en 1669; Cuvier, *Ossements fossiles*, I, 89 (1821); *Bibl. brit.* citée ci-dessus; Necker, *Etudes géolog.*, 373.

[2] *Actes Soc. helvétique des Sc. nat.* Neuchâtel, 1837, 93; Fribourg, 1841, 202.

[3] Cuvier, *Ossements fossiles*, 1821, I, 113.

[4] Ibid. 114.

[5] Cuvier, *Ossements fossiles*.

[6] Gressly, *Jura soleurois*, 321, 323.

[7] *Mém. Soc. d'Hist. nat. de Neuchâtel*, II.

[8] *Bull. Soc. géologique de Fr.* 1843, XIV, 163.

[9] *Bull. Sc. nat. de Neuchâtel*, 1861, V, 21.

[10] Heer, Charbons feuilletés. *Archives*, 1858, II, 305. — Escher, *Bull. Soc. géolog. de Fr.*, 1850, VII, 611.

[11] *Bull. Soc. Vaud. des Sc. nat.*, III, 25 et IV, 56. *Actes Soc. helvétiq. des Sc. nat.* Aarau, 1851, 133.

Dans l'intérieur du Jura, on a trouvé des ossements de l'*Elephas primigenius*, à Tenay sur le chemin de fer de Lyon à Genève[1]; et de l'autre côté de la même chaîne on a recueilli des débris de cet animal dans des sables et des graviers supérieurs aux terrains glaciaires avec cailloux polis et striés[2]. C'est encore dans des alluvions post-glaciaires qu'ont été rencontrés les ossements de l'*Elephas primigenius* près de Tullins en Dauphiné[3].

Il est donc évident que si l'*Elephas primigenius* a vécu pendant l'époque glaciaire, fait qui ne me paraît pas encore suffisamment constaté, il a également habité notre pays pendant que les alluvions des terrasses se formaient.

§ 45. — Cet éléphant et le grand ours des cavernes paraissent avoir vécu, au moins en France, à une époque antérieure à celle du renne, et cependant ils ont été contemporains de l'homme. Les ossements de l'éléphant se trouvent dans les dépôts si curieux d'Amiens et d'Abbeville avec les haches en silex taillées par éclats et non polies; le renne a été en Suisse contemporain de l'âge de pierre antérieur aux habitations lacustres[4].

Ces faits sembleraient nous indiquer que l'homme existait à l'époque où se formaient quelques-unes des terrasses élevées des bords de nos lacs. — Cependant on n'a point encore reconnu de traces de sa présence dans les graviers qui les constituent. Des preuves de la contemporanéité de

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1865, XXII, 304, 305.

[2] Bertherand, Sur la découverte d'ossements fossiles près de Poligny (Jura). *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.* 1861, LIII, 1246.

[3] Lory, Note sur les dépôts tertiaires et quaternaires du bas Dauphiné. *Bull. Soc. géol. de Fr.* 1863, XX, 387; 1865, XX, 307.

[4] Rutimayer, Recherches sur les débris d'animaux trouvés dans les habitations lacustres de la Suisse (en allemand). *Mittheil. der Antiq. Gesell. in Zurich*, XIII, 2ᵗᵉ Heft, 1860, etc., et *Mém. de la Soc. helvétiq. des Sc. nat.* 1862, XIX; *Archives*, 1861, XII, 296.

l'homme et du renne peuvent être déduites de la découverte des silex taillés qu'on a trouvés avec des ossements de rennes, dans les espèces de **cavernes** ou d'anfractuosités laissées par les blocs entassés au pied du **mont Salève**, près du village de Veirier; nous en parlerons plus loin (§ 243). C'est à leur sujet que M. Lartet a écrit: « L'association des silex simplement taillés et des mammifères « afférents à la même période s'est montrée dans les mêmes conditions que dans nos grottes de Périgord[1]. » Mais nous ne connaissons pas l'âge relatif des débris de ces cavernes et des terrasses des bords du lac.

Parmi les débris d'autres animaux quaternaires qui ont été découverts en Suisse, je mentionnerai deux bois d'élan trouvés dans une caverne du Jura, à une petite distance de Fleurier, dans le val de Travers; mais je n'ai pas de détails sur leur gisement.

§ 46. — La période marquée par le dépôt de l'alluvion des terrasses a probablement été longue. Elle commence dans les temps géologiques, après la période glaciaire, à un moment dont on ne peut préciser la date; elle se continue encore, puisque nous faisons rentrer dans l'*époque moderne* les terrasses qui sont au niveau des eaux actuelles. C'est pendant la durée de cette époque que l'homme est apparu sur la terre, au moins dans nos régions, car il n'est pas admis aujourd'hui dans la science qu'il ait assisté au grand développement des glaciers. Quel est le moment exact auquel il s'est montré? C'est ce que l'on ne peut fixer maintenant.

A l'exception de l'homme, il n'y a pas eu d'apparition d'êtres nouveaux sur la terre pendant le temps de l'allu-

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1864, LVIII, 408.

vion des terrasses. M. le professeur Pictet a démontré que « depuis l'origine de la période diluvienne jusqu'à nos jours, « aucune espèce de mammifères n'a été ajoutée à la faune « qui vivait alors en Europe [1]; » et dans cette phrase l'expression de période diluvienne comprend l'époque glaciaire et l'époque de l'alluvion des terrasses. Par conséquent, sous le rapport des animaux, il y a eu un passage insensible et graduel du commencement de l'époque quaternaire à celle des temps actuels.

La seule différence qu'il y ait entre les faunes de ces deux époques se trouve dans l'appauvrissement de celle de la première, par l'extinction de plusieurs espèces. L'étude des végétaux amène aux mêmes résultats. M. Gaudin nous dit que certains végétaux de la flore actuelle paraissent remonter au travers du diluvium jusqu'à la période pliocène [2].

Au point de vue des phénomènes physiques, il n'y a pas de limite entre ces deux époques; le passage est insensible et non moins remarquable que celui qu'on a constaté dans la série des êtres organisés. Nous avons vu en effet que dans notre pays les eaux ont agi, au temps de l'alluvion des terrasses, de la même manière qu'elles agissent maintenant, seulement à des niveaux plus élevés; sur les terrasses les plus hautes, nous devons inscrire les dates les plus anciennes, et sur les terrasses les plus basses les dates les plus modernes; pendant l'espace de temps qui sépare ces moments, les eaux ont peu à peu baissé leur niveau, en

[1] Note sur la Période quaternaire ou diluvienne considérée dans ses rapports avec l'époque actuelle; *Archives*, 1860, VIII, 266.

[2] *Bull. Soc. Vaud.* 1857, V, 339, et M. Kerner reconnaît, comme MM. Forbes, Martins, de Candolle, etc., que la végétation des périodes antérieures à la nôtre a exercé une grande influence sur la végétation actuelle. Les végétaux diluviens que nous connaissons appartiennent aux espèces qui vivent maintenant. *Institut.* 1857, 71.

creusant le canal par où elles s'écoulent, comme elles continuent à le faire.

Nous trouvons ce même passage insensible d'une époque à l'autre dans d'autres phénomènes physiques, par exemple dans certaines tourbes (Irlande et vallée de la Somme, etc.), qui ont continué à se développer après avoir enseveli des animaux que pendant longtemps on a cru antérieurs à l'homme (le grand cerf, le mammouth, etc.). A un niveau plus élevé ces tourbes renferment des traces celtiques, plus haut encore des antiquités romaines, puis des débris plus modernes. N'y a-t-il donc pas dans la tourbe une absence complète de limites entre ces époques, qui sont cependant distinctes les unes des autres? Cette absence se remarque encore dans quelques tufs (Canstadt), où l'on voit à peu près la même succession que dans la tourbe.

Certains faits déduits de l'étude de la vie animale et de celle des végétaux, les terrasses et les tufs sont autant de liens qui rattachent l'époque actuelle à celle de l'alluvion des terrasses, et qui montrent que toutes les deux font partie d'une seule et même période.

CHAPITRE IV

SUITE DE LA PLAINE ET DES TERRAINS QUATERNAIRES

TERRAIN GLACIAIRE

Sa formation était attribuée aux débâcles, § 47. — Décrit par Necker, 48. — Sa constitution, 49. — Cailloux striés, 50. — Sables jaunâtres, 51. — Blocs erratiques, 52. — Euphotide, 53. — Cailloux des environs de Genève, 54. — Les blocs sont exploités, 55. — Terrain glaciaire dans la ville de Genève, 56.
Gravier de Pregny et de Sacconnex, 57. — Au Signal de Bougy, 58.
Aux environs de Genève, 59. — Environs de Troinex. Deux étages, 60. — Environs de Ville-la-Grand, du Crest, 61. — Rive gauche du lac, Cologny, 62. — Tourbe et coquilles sous le terrain glaciaire à Hermance, dans le canton de Vaud, tuf de Meximieu, 63. — Nernier, 64. — Moraine d'Yvoire, 65 et suiv. — Dunes. Excenevrex, 67. — Boisy, 68. — D'Yvoire à Thonon, 69. Environs de Thonon. Une époque glaciaire, 70, 71. — Lignite d'Armoi, 72. — Lignite d'Utznach, 73. — Terrasses de l'alluvion glaciaire, 74, 75. — Environs de Bons, 76. — Animaux du terrain glaciaire, 77.

§ 47. — Lorsqu'on parcourt des yeux une liste des divers étages géologiques qui constituent l'écorce solide du globe, on voit qu'un grand nombre n'ont été reconnus et séparés que depuis peu d'années des étages placés au-dessus ou au-dessous d'eux. Le **terrain glaciaire** en fait partie. Personne n'en parlait il y a cinquante ans; la théorie des grands courants et des débâcles régnait sans partage. On expliquait le transport des blocs erratiques par des courants qui les faisaient cheminer avec une vitesse énorme. Il fallait bien cette vitesse pour que des blocs sortant du Valais vinssent se placer à plusieurs centaines de

mètres d'élévation sur le flanc du Jura près de Neuchâtel, après avoir traversé les dépressions des lacs de Genève et de Neuchâtel. Aussi M. de Buch avait-il d'abord évalué cette vitesse à 19 460 pieds par seconde ; puis il l'avait réduite à 354 pieds. M. Escher lui donnait 175 pieds [1]. L'eau qui transportait ces blocs était-elle de l'eau presque pure, comme l'eau des torrents? alors il fallait cette vitesse inouïe pour leur faire franchir l'espace que je viens d'indiquer ; ou bien était-elle boueuse, remplie de cailloux supportant les gros blocs? alors il n'était pas nécessaire de supposer cette vitesse. Mais on se demande pourquoi les lacs n'ont pas été comblés par le passage de tous ces matériaux. Telles sont les insurmontables difficultés qui ont fait tomber l'ancienne théorie des grands courants diluviens, défendue par tant de naturalistes et de philosophes. — On sait que ce fut Perraudin, chasseur de chamois de la vallée de Bagne, qui donna le premier l'idée de la théorie devant laquelle s'écroula celle qui avait été si bien soutenue par tant de grands génies [2]. Quelle leçon d'humilité!

§ 48. — Le terrain glaciaire joue un très-grand rôle dans la constitution de la plaine des **environs de Genève** ; M. Necker en avait reconnu la présence, mais ne lui assignait pas une origine glaciaire. « Il présente, dit ce savant, « des masses sans aucun ordre apparent et dans lesquelles « les matières de différentes grosseurs, depuis les plus « énormes blocs jusqu'au limon le plus fin, sont mêlées et « confondues ensemble, de manière à faire présumer qu'il « n'y a qu'un terrible cataclysme qui ait pu occasionner « des dépôts si puissants formés d'un pareil mélange [3]. »

[1] Blanchet, *Terrain erratique alluvien*, 20.

[2] Voyez sur ce sujet quelques renseignements placés en note (§ 165).

[3] *Etudes*, 232.

Cette idée de cataclysme ne doit pas nécessairement venir à l'esprit après l'inspection d'un dépôt tel que celui-ci; car les moraines de glaciers, dans lesquelles on trouve à un haut degré le mélange indiqué ici, ne sont pas le résultat de cataclysmes, mais de forces lentes qui ont agi pendant un grand nombre de siècles.

§ 49. — Près de Genève [1], la masse la plus considérable de ce terrain est formée par de la glaise grossière, tenace, faisant pâte avec l'eau, et connue sous le nom de *Diot*. On la nomme *Marcq* dans les environs de Chambéry [2]. Dans certaines places où cette glaise est pure et sans cailloux ni sable, on l'emploie à la fabrication des tuiles, des poteries, etc. Habituellement elle est mélangée de cailloux variés, qui appartiennent aux roches cristallines des Alpes centrales, ou aux calcaires des chaînes secondaires. Les plus caractéristiques sont d'un bleu noirâtre; ils ont quelquefois pris un poli extrêmement remarquable, et sont en général couverts de stries plus ou moins profondes, dont quelques-unes présentent une grande finesse. Ces cailloux sont parfois très-anguleux, et leurs stries donnent au terrain son caractère glaciaire. Mais s'ils deviennent assez abondants pour qu'il n'y ait plus de glaise, qu'ils se touchent et que les stries soient nulles, alors le dépôt est difficile à distinguer de l'alluvion des terrasses. On comprendra comment il peut se trouver des amas ayant une étendue locale, qui participent aux caractères des dépôts glaciaires morainiques et à ceux des alluvions, si l'on examine ce qui se passe auprès de certains glaciers. En 1861, j'ai observé un grand dépôt d'alluvion stratifiée, formé de gravier et de sable arrangés tran-

[1] M. Necker l'a décrit. *Etudes*, etc. Moi-même je m'en suis occupé : *Considérations géologiques sur le mont Salève*.

[2] *Bull. Soc. géol. de France*, 1857, XV, 53.

quillement par des eaux courantes, et placé entre la moraine actuelle du **glacier de Triolet**, Val d'Entrèves, et l'ancienne moraine de ce même glacier; ainsi donc les dépôts des deux ordres, savoir les dépôts morainiques et les alluvions se trouvaient tout à fait associés. Il en est quelquefois de même dans les dépôts plus anciens.

§ 50. — Les **stries des cailloux** dans les terrains glaciaires sont un produit de la pression et du frottement des glaciers. Les cailloux ne présentent jamais de stries lorsqu'ils ont été roulés, c'est-à-dire lorsqu'ils ont été entraînés par un courant d'eau ou ballottés par les vagues. Mais d'ingénieuses expériences de M. Daubrée ont démontré que le frottement dans certaines conditions détermine des stries [1] et que le résidu de la friction est une argile qui n'a pas la même composition que les pierres dont elle provient, parce que l'action de l'eau amène des décompositions. On comprendra que les stries une fois formées se conservent dans la glaise et qu'elles disparaissent par l'effet du frottement dans les dépôts essentiellement caillouteux [2]. C'est ce que démontre une expérience de M. Collomb. Il a placé des cailloux striés dans un cylindre qu'il a fait tourner sur lui-même, et au bout d'un certain nombre d'heures les stries avaient disparu [3]. Par conséquent, les dépôts très-caillouteux formés par un glacier présenteront proportionnellement moins de cailloux striés qu'un dépôt argileux et

[1] Recherches expérimentales sur le striage des roches dû au phénomène erratique, etc. *Ann. des Mines*, 1857, XII, 535. *Comptes rendus*, 1857. XLIV, 977. *Archives*, 1857, XXXV, 299.

[2] Il n'est pas plus surprenant de voir les stries se conserver dans la glaise que de trouver des cristaux de roches erratiques avec leurs arêtes nettement conservées; en 1860, on a recueilli un gros cristal de quartz hyalin dans cet état, dans l'argile glaciaire de la colline de Cologny.

[3] Expériences sur les cailloux striés. *Bull. Soc. géol. de France*, 2me série, II, 509. *Archives*, 1846, I, 109.

pierreux. Si les cailloux striés manquent totalement, on aura recours à d'autres caractères pour chercher à reconnaître l'origine du dépôt; on examinera par exemple si les cailloux sont anguleux. Mais il est probable qu'il y aura toujours certains dépôts dont l'origine restera incertaine.

§ 51. — On remarque à la surface de l'argile glaciaire une assise qui n'a que quelques pieds d'épaisseur, formée d'un sable jaunâtre, quelquefois un peu argileux, qu'on désigne souvent, dans les environs de Genève, par le nom de « *sablon pourri;* » ce nom peu précis s'applique aussi à d'autres couches. Ce sable jaunâtre paraît être une dépendance de l'argile glaciaire. On le voit, comme l'a dit M. Necker, à Frontenex, Grange-Canal, la Boissière, Malagnou, Bel-Air, etc. Il se montre à Cartigny et sur la route de Chancy, quoiqu'il y ait quelques doutes sur ce dernier endroit (§ 20).

§ 52. — La présence des **blocs erratiques** est un des principaux caractères du terrain glaciaire. Ce sont de grands blocs épars formés d'une roche différente de celle du sol sur lequel ils reposent. Ils atteignent quelquefois les dimensions colossales de 40 à 60 000 pieds cubes. Ils sont associés aux graviers et à l'argile glaciaire, ou bien ils sont seuls et ne sont accompagnés d'aucune matière de transport. Il se peut, en effet, que ces blocs aient été déposés dans ces deux états; mais il est possible aussi qu'un bloc situé sur la pente d'une colline ou d'une montagne, et qui nous paraît isolé maintenant, ait été primitivement déposé avec un entourage d'argile, que les agents atmosphériques auront entraîné. D'autres blocs peuvent avoir été isolés sur le flanc d'une montagne, puis avoir roulé dans la plaine et s'être arrêtés sur un amas d'argile glaciaire.

§ 53. — Lorsque les blocs sont sortis d'une ou de plu-

sieurs vallées pour se répandre dans la plaine, on reconnaît toujours la vallée d'où ils proviennent à la roche qui les constitue, pourvu qu'il y ait dans les deux vallées des roches de natures différentes. Dans notre pays, on distinguera les roches du Valais ou du bassin du Rhône, de celles du bassin de l'Arve, par la présence de certains schistes chloriteux, et surtout par celle des euphotides. Là où se trouve cette dernière roche, on peut être certain que le bloc appartient à l'ancien domaine du glacier du Rhône [1]; mais là où il n'y a que des protogines, on hésite à décider lequel des deux glaciers les a apportées.

§ 54. — La plupart des **cailloux des environs de Genève** ont une origine glaciaire; ils ont été étudiés avec grand soin par de Saussure [2]; il est assez intéressant de comparer, au moyen des échantillons de sa collection placée au musée de Genève, les déterminations de ce célèbre lithologiste avec celles en usage maintenant; mais ce travail est trop minutieux pour être consigné ici. Je me bornerai à faire l'énumération des principales roches; ce sont les suivantes:

Calcaires noirâtres, bleuâtres, gris ou blancs, des diverses formations jurassiques, crétacées ou nummulitiques des Alpes.

Grès calcaires.

Grès argileux variés.

Poudingues ou brèches calcaires, particulièrement le calcaire brèche du lias.

Calcaire de couleur plus ou moins foncée avec du quartz blanc ou du quartz lydien.

Grès vert avec ou sans fossiles.

[1] Sterry Hunt, Euphotide du mont Rose. *Phil. Magas.*, 1858, XVI, 240.
[2] Voyez aussi Necker : *Etudes*, 229.

Grès de Taviglianaz ou de Taveyana.

Protogines variées, grises ou roses.

Granit.

Syénite.

Diorite.

Jade.

Euphotide des vallées de Saas ou de Bagne.

Serpentine avec ou sans grenats, du Valais ou de la vallée de Chamonix.

Hypersthène ; très-rare. M. Necker n'indique pas son gisement ; il doit provenir de la montagne de Loi au-dessus de Taninge (§ 305).

Porphyre rouge vif, dur, que M. Necker croit étranger aux Alpes, mais qui provient très-probablement du Salantin (§ 478).

Gneiss.

Micaschiste.

Schiste talqueux.

Amphibolite.

Pétrosilex.

Eurite porphyroïde.

Arkésine, espèce de protogine qui renferme de l'amphibole et du sphène d'un brun jaunâtre.

Des quartzites très-abondants et de nature à résister à tout ce qui peut détruire des cailloux moins durs dans un transport lointain, se sont répandus dans les plaines de la France. Ils proviennent en majorité des montagnes triasiques des Alpes[1]. M. Lory adopte cette opinion, mais il croit qu'ils ont été transportés en grande partie pendant l'époque miocène[2].

[1] *Archives*, 1862, XV, 263.

[2] *Bull. Soc. géol. de France*, 1863, XX, 369, et Descript. géol. du Dauphiné, 3me partie, 625.

§ 55. — L'épaisseur du terrain glaciaire dans les environs de Genève varie beaucoup. Elle est à peu près nulle au sommet des collines de mollasse; dans d'autres endroits elle atteint 6, 20 et même 60 mètres d'épaisseur. Ce terrain occupe une partie de la plaine où il forme un pays ondulé. La glaise s'élève assez haut contre le flanc des montagnes, et les blocs erratiques sont, comme nous le verrons, à une énorme élévation.

Les éléments de ce terrain sont des représentants de toutes les roches qui entrent dans la composition des montagnes du bassin hydrographique du Rhône et de l'Arve, mais il est évident que maintenant les travaux de l'industrie ont changé la proportion naturelle des roches. Dans quelques endroits, il y a des centaines d'années que l'on recherche les pierres à chaux; depuis 20 ou 30 ans, le développement des travaux de tous genres a fait détruire tant de blocs granitiques que nous pouvons nous plaindre avec de Saussure[1] de la diminution de leur nombre, qui est telle que certaines localités en seront bientôt dépourvues. Mais les roches difficiles à exploiter, telles que les poudingues de Valorsine et les euphotides, arrivent à être, relativement aux autres, plus abondantes que par le passé.

§ 56. — Le terrain glaciaire occupe une assez grande étendue dans l'intérieur de la **ville de Genève** : les parties élevées de la ville, les Tranchées, le Bourg-de-Four, la Grande-Rue, sont établies sur l'alluvion des terrasses, au-dessous d'elle on voit, dans certains travaux, le sable jaunâtre supérieur à l'argile glaciaire, puis cette argile elle-même s'étend au-dessous des Rues basses et dans le port, où elle atteint une puissance très-considérable et où se

[1] *Voyages*, § 1101.

trouvent des blocs erratiques. Les deux pierres du Niton, dont l'une est devenue un point de repère d'une haute importance pour les mesures relatives à l'hypsométrie de la Suisse, font partie d'un groupe de blocs, tel qu'on en voit beaucoup le long des bords du Léman[1].

§ 57. — Sur la rive occidentale du lac, le terrain glaciaire s'étend au loin, et on le reconnaît en maints endroits au-dessous de l'alluvion des terrasses à Versoix, à Coppet, à Nyon, etc.

A quatre kilomètres environ de Genève, on a creusé à peu près au sommet de la **colline de Pregny**, à 466 mètres au-dessus de la mer (91 mètres au-dessus du lac), une fouille voisine du puits artésien, dans lequel MM. de la Rive et Marcet ont fait leurs belles expériences sur la température de la terre[2]. Après avoir rencontré d'abord un peu moins d'un mètre de terre végétale, on a trouvé 8 mètres de terre sablonneuse jaunâtre, mélangée de cailloux striés, et au-dessous 7 mètres de béton, de gravier et de sable. Ce fait a une certaine importance, car il montre que tous les graviers placés au-dessous du terrain glaciaire n'appartiennent pas à l'alluvion ancienne.

C'est probablement dans cette assise inférieure que l'on a ouvert, à une petite distance, la carrière de gravier du **Grand-Saconnex**, dans la partie supérieure de laquelle on voit de la glaise mêlée de gravier (Pl. II, fig. 3, *a*), et au-dessous, du gravier sableux en bancs horizontaux (*b*), contenant des blocs erratiques et des cailloux striés. Ce dépôt de nature glaciaire est traversé par un filon de sable vertical (*c*), visible sur une soixantaine de pieds

[1] Deluc, *Mém. Soc. de Physique*, 1826, III, 166.

[2] Quelques observations de physique terrestre, *Soc. de physiq. et d'hist. nat. de Genève*, 18 avril 1834

de longueur, dont il est difficile d'expliquer l'origine. La largeur du filon est d'environ un mètre, il renferme des veinules d'argile, sa stratification, quoique peu marquée, est verticale et les salbandes sont un peu plus argileuses que le milieu. Des terrains semblables mais sans filons se trouvent près de Fernex, de Mategnin, etc.

§ 58. — Un des endroits de la rive vaudoise du lac dans lequel le terrain glaciaire est fort développé, est le **Signal de Bougy** non loin de Rolle, M. Morlot y a trouvé des mousses et un cône de *Pinus abies*, var. *diluviana*[1]. Ce signal est placé à 337 mètres au-dessus du lac. Il offre la coupe suivante, en commençant par la partie supérieure :

1° Terre rougeâtre, cultivée à la surface . . . $3^m,0$

2° Terre rougeâtre, sable, gravier et blocs erratiques nombreux. Les graviers sont plus ou moins abondants, suivant les places, et ils forment des couches . . . . . $30^m,0$

Plus à l'O., cette couche prend l'aspect d'un béton solide, les cailloux des graviers étant cimentés par un dépôt tuffeux.

3° Sablon roussâtre et glaise . . . . . $14^m,0$

4° Glaise bleue . . . . . $5^m,0$

5° Sablon roussâtre . . . . . $6^m,0$

6° Glaise bleue à cailloux striés et à blocs erratiques. Niveau d'eau à la surface supérieure . $8^m,5$

7° Sable jaunâtre avec veines ferrugineuses horizontales. Au-dessous sont des éboulements.

Dans un ravin plus à l'O. on voit la mollasse grise recouverte de marne rouge, qui s'élève à environ 30 mètres au-dessus du village de Bougy. Elle est surmontée par une

[1] *Archives*, 1858, II, 315, et III, 128.

masse de béton très-dur (prolongement de la couche n° 2), ressemblant à l'alluvion ancienne, mais appartenant au terrain glaciaire.

Plus loin de Genève, dans le canton de Vaud, ce dernier terrain a été étudié avec soin par messieurs les géologues vaudois, et le résultat de leurs travaux a été presque toujours consigné dans le *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles de Lausanne*. On a signalé près d'Aubonne un bloc erratique de plus de 8 mètres de longueur[1], près de Lausanne on a remarqué beaucoup de moraines[2] et des blocs erratiques en gypse[3]. Mais je n'ai pas à m'occuper de cette région.

§ 59. — Revenons aux environs de Genève. L'argile glaciaire se voit en aval de la ville, sur la rive droite du Rhône, où elle repose sur l'alluvion ancienne ; et ces deux terrains occupent les bords du fleuve jusqu'à Vernier et peut-être au delà ; cependant près de ce village la mollasse forme le lit du Rhône.

Au bois de la Bâtie, le terrain glaciaire n'est pas très-puissant. Il l'est davantage au Petit-Lancy et dans les environs d'Onex et de Bernex. Dans la descente de Sézegnin à Veigy, la glaise se montre avec beaucoup de blocs erratiques et surtout avec des poudingues de Valorsine. En un mot, la plus grande partie de l'espace compris entre le Rhône et le mont Salève est occupée par cette argile glaciaire, à l'exception des points où les cours d'eau ont creusé le sol jusqu'à la mollasse et de ceux où cette roche est à découvert dans les collines.

Tout près de Genève, on trouve le terrain glaciaire très-

[1] *Bullet.*, *Soc. Vaud.*, IV, 174.
[2] *Ibid.*, III, 209, 219.
[3] *Ibid.*, V, 65.

développé dans les falaises de l'Arve près du **Bout du Monde**[1] et de Florissant où il renferme beaucoup de blocs et de cailloux striés. Il forme le plateau ondulé de la Paumière, de Chêne, de Grange-Canal et de Frontenex, des sables roussâtres en occupent souvent la partie supérieure, comme je l'ai indiqué.

Sur la rive gauche de l'Arve, près de **Pinchat**, l'épaisseur du terrain glaciaire est énorme. M. Deluc y a signalé un bloc de 40 pieds de longueur. J'ai vu il y a quelques années dans la partie supérieure de Carouge, du côté des collines placées à l'E. de la ville, un bloc d'euphotide d'environ 20 pieds de longueur. On pourrait multiplier à l'infini ce genre de citations, mais ce serait inutile.

§ 60. — J'ai déjà dit que la grande terrasse de Gaillard se continue, sur la rive opposée de l'Arve, à **Sierne** et à **Veirier**; au-dessous d'elle il s'en trouve une plus basse qui correspond à celle de Fossard, et la grande terrasse qui se voit encore entre Veirier et le Salève, se termine sous les marais de Troinex. A l'extrémité S.-O. de ce marais, le premier monticule que l'on rencontre est celui de la Pierre aux Dames, au delà duquel le pays change de nature. Il n'y a plus de plaine, mais des collines formées par des graviers ayant une tout autre apparence que ceux de la terrasse de Gaillard, qui sont anguleux, mêlés de terre glaise et qui renferment des cailloux polis et striés, des blocs anguleux et de vrais blocs erratiques, en particulier des schistes verts venant du Valais; les blocs sont très-abondants entre les trois points de la carte cantonale désignés par les chiffres 432, 451, 461 qui indiquent en mètres la hauteur au-dessus du niveau de la mer.

[1] Collegno, *Bull. Soc. géol. de France*, 1845, II, 399.

Ce dépôt, qui certainement présente un caractère différent du terrain glaciaire du centre de la vallée du Léman, mérite d'être étudié. J'ai cherché si je pourrais retrouver des traces de moraines latérales par l'alignement des collines; mais je n'ai pas réussi. Je pense qu'on peut considérer ces petits coteaux comme étant les restes de la moraine superficielle du glacier qui s'est étendu à une certaine époque dans la vallée. Ce glacier, sans aucun doute, était inégalement chargé de débris; le bord en avait probablement plus que le centre, et lorsque la glace a disparu, tous ces débris sont venus se reposer sur la moraine profonde ou inférieure. Il faut donc distinguer deux divisions dans le terrain glaciaire : la moraine profonde et la moraine superficielle. Celle-ci peut renfermer des cailloux plus anguleux que la première, et ce caractère est très-remarquable dans le terrain des collines de Bossey, de Troinex, de Sacconnex au delà d'Arve, d'Arare, de Compesières, de Bardonnex, etc.

Ce terrain commence au pied du Salève, près de Veirier, et il y forme une accumulation très-étroite qui peu à peu s'élargit et constitue les collines dont je parle. Le petit plateau de Crevin, dont la hauteur est de 502 mètres au-dessus du niveau de la mer, soit 127 mètres au-dessus du lac ou environ 100 mètres au-dessus de l'Arve, est compris dans cet espace. Il est formé de sable et de gravier arrangés irrégulièrement, sans aucun caillou rayé, et paraît être composé d'alluvion glaciaire.

Entre **St-Julien** et le **Chable**, le terrain de ces collines forme deux plateaux étagés qui ont l'aspect de terrasses, mais qui sont à un niveau élevé, et formés en grande partie par l'argile glaciaire. Peut-être sont-ils dus à ce que le

glacier qui a envahi notre vallée s'est arrêté à ces divers niveaux.

Il est assez curieux de trouver de semblables plateaux, entre les vraies terrasses et les montagnes, sur le pourtour du bassin du Léman, particulièrement à Vevey et à Thonon (§ 74).

§ 61. — Dans la partie de la plaine entre l'Arve et le lac de Genève, l'argile glaciaire avec blocs et cailloux striés est également très-répandue. Elle supporte toute la grande terrasse de Gaillard, et lorsqu'on suit cette terrasse jusqu'à Ville-la-Grand, on voit un très-singulier changement de terrain. Le plateau d'Ambilly est habité et bien cultivé; mais à l'E. d'une ligne passant à **Ville-la-Grand**, Romagny et Mallebrande, on voit l'argile glaciaire sortir de dessous l'alluvion des terrasses, former des collines peu élevées, très-peu cultivées et presque désertes, qui s'étendent jusqu'aux Voirons, sur le flanc desquels l'argile glaciaire remonte très-haut, et où elle se confond facilement avec la mollasse décomposée. Ces collines ont peut-être la même origine que celles de Troinex dont je viens de parler. Elles se prolongent du côté du N., en entourant à une certaine distance les marais de Presinges et de Sionnet. Le creusement d'une citerne dans la cour du **Château du Crest**, en 1860, m'a permis de prendre la coupe suivante :

1° Terre végétale, 2 à 3 pieds.

2° Glaise rousse, un peu sableuse, contenant des cailloux et des blocs, 12 à 18 pieds.

Cette glaise étant plus épaisse du côté du N. de la citerne que du côté du S., semble former une couche plongeant légèrement au N.

3° Glaise bleue, contenant beaucoup de blocs et de cail-

loux polis et striés. Un de ces derniers formé de protogine avait 4 pieds de longueur sur 2 de largeur, on ne pouvait voir son épaisseur; il y avait encore des poudingues de Valorsine, des euphotides, des arkésines, des quartzites, des schistes verts du Valais, des calcaires bleus polis, des calcaires rouges, des grès variés et des roches amphiboliques et pétrosiliceuses. Toutes ces roches proviennent du Valais. On a également creusé, dans la cour du château, un puits de plus de 30 mètres, toujours dans le même terrain.

§ 62. — Sur la rive gauche du lac, on retrouve l'argile glaciaire avec les cailloux striés et des blocs, aux Eaux-Vives, à la Belotte, etc. A la pointe de Bellerive, les graviers d'une terrasse peu élevée reposent sur l'argile glaciaire accompagnée de blocs erratiques; beaucoup d'entre eux sont placés dans l'eau, et celui qui est connu sous le nom de Pierre aux Barques est fort considérable. M. Deluc a signalé, dans cet endroit, un groupe de plus de 110 blocs; au bas de la côte de Cologny, il en a compté plus de 1240 reposant sur la mollasse.

J'ajouterai quelques mots seulement à la description que Necker a donnée de la colline de **Cologny**. — Le terrain glaciaire recouvre presque entièrement la masse principale qui est formée de mollasse; ce n'est guère que du côté du lac que cette roche se montre. Ce terrain erratique est en grande partie composé de glaise, mais il contient dans certains points des quantités surprenantes de blocs, comme c'est le cas dans la partie la plus méridionale du village de Cologny, où j'ai observé, lorsqu'on creusait les fondations d'une maison, que les blocs étaient entassés les uns sur les autres, comme dans une vraie moraine de glacier. Du côté

de **Vésenaz**, on a exploité du gravier glaciaire contenant des cailloux mal roulés, polis et striés.

A **Bonvard**, le gravier qui est en masse considérable, est terreux, mêlé de glaise et renferme des cailloux polis et striés. Mais le fait singulier, c'est qu'ici, à 478 mètres (103 mètres au-dessus du lac), certains bancs de ce gravier glaciaire sont transformés en un béton semblable à celui du bois de la Bâtie qui appartient à l'alluvion ancienne. Cette colline se termine, du côté du N., par une berge taillée dans le gravier, qui semble avoir été produite par l'action d'une rivière; cependant il est difficile de comprendre de quel endroit un cours d'eau aurait pu venir. On a supposé qu'une partie de la Dranse avait passé entre la colline de Boisy et les Voirons, et qu'elle était arrivée jusqu'au marais de **Rouelbeau**[1], mais je n'ai pu trouver de preuves à l'appui de cette idée, et je ne sais non plus, si j'ose avancer que cette berge a été taillée par le Foron dans un temps où il serait venu de Ville-la-Grand se jeter dans les marais.

§ 63. — Aux environs du village d'**Hermance**, le terrain glaciaire est énormément développé, surtout du côté du nant Marno. La plaine, qui est formée du gravier des terrasses, est située à 425 mètres. Au-dessous, on voit l'argile glaciaire avec blocs erratiques, et près des tuileries du bord du lac on observe la coupe suivante :

1° Terre végétale, variant de $0^m,30$ à 1^m.

2° Terre glaise à briques, rougeâtre, avec blocs erratiques et un peu de gravier; les cailloux sont de quartzite, de granit, de calcaire, non striés, $0^m,30$ à $1^m,30$.

3° Tourbe avec troncs d'arbres, $0^m,15$. On y trouve des

[1] C'est à M. Necker qu'appartient l'idée de la possibilité de l'écoulement de la Dranse le long du pied des Voirons. *Etudes*, 250.

coquilles que M. Brot a eu l'obligeance de déterminer. Il y a reconnu les espèces suivantes : *Lymnæa minuta*, *Helix nemoralis*, *H. fructicum*, *H. lucida*, *H. rotundata*. Cette couche est à 12^{m},5 au-dessus des eaux du lac [1].

4° Terre pourrie légère, tuffeuse, fond de marais avec quelques veines de tourbe et quelques cailloux, 1^{m},30. Dans les endroits où cette couche est plus épaisse, elle renferme en abondance des galets placés horizontalement.

5° Glaise bleue, exploitée pour la fabrication des briques ; contenant des cailloux striés. Une espèce de puits a été creusé jusqu'à 17 pieds de profondeur au-dessous du niveau du lac, toujours dans cette même glaise qui présente une grande épaisseur.

On trouve donc ici une couche de tourbe comprise entre deux couches de terrain glaciaire ; les coquilles qui y ont été recueillies appartiennent toutes à des espèces qui vivent dans nos environs.

M. Renevier et M. Delaharpe ont signalé quelques dépôts récents avec des mollusques terrestres et d'eau douce [2], qui ont beaucoup d'analogie avec la coupe que je viens de donner. Le dépôt d'Hermance paraît être plus ancien, parce qu'il est inférieur à une couche contenant des blocs erratiques. Tous ces dépôts renferment des mollusques d'espèces vivant encore dans le pays, ce qui est plus surprenant pour celui d'Hermance que pour ceux qui ne sont pas au-dessous du terrain glaciaire. M. Renevier pense, avec justesse, qu'il faudrait s'assurer si le dépôt glaciaire placé au-dessus de la couche à coquilles n'est pas remanié. Quoique je n'aie su voir aucune trace de ce remaniement, je conviens qu'il est possible que l'exploitation des argiles

[1] Du 9 octobre 1861.

[2] *Bullet. Soc. vaudoise des Sciences nat.*, 1862, VII, 249.

permette, par la suite, de faire quelques observations qui le constatent. Si les faits observés se confirment, ils se rapprocheront de ceux qui ont été signalés à Durnten par M. Heer. Mais il faut se souvenir que, d'après une note de M. Planchon, les végétaux recueillis dans un calcaire placé évidemment au-dessous des grands amas de cailloux alpins (diluvium) des environs de **Meximieux** (près Lyon) présentent quelques différences avec ceux de l'époque actuelle[1].

§ 64. — D'**Hermance** à **Nermier**, le terrain glaciaire descend jusqu'au-dessous des eaux du lac. Un peu au N. de ce dernier village, j'ai trouvé une couche avec les mêmes coquilles que celles d'Hermance, à $1^m,70$ au-dessus du lac[2].

§ 65. — En se rapprochant d'Yvoire, la glaise forme des falaises qui s'élèvent à 18 mètres de hauteur environ. On y voit des creux en forme de poches remplis de sable rougeâtre ou bleuâtre. Les blocs erratiques y sont nombreux, et toutes les années il en tombe dans le lac, parce que la falaise, étant attaquée par les vagues, recule du côté de la terre.

Au delà de l'ancienne et originale petite ville d'Yvoire se trouve la pointe du même nom, dont une partie se nomme pointe de Rovérée. On y voit encore quelques ruines d'un ancien château qui a été entièrement détruit par les empiétements des eaux. C'est une des localités les plus pittoresques de la côte savoisienne ; la vue du lac, de magnifiques châtaigniers et d'innombrables blocs erratiques donnent à cet endroit un caractère tout spécial. Ces blocs qui ont été déjà signalés par Deluc, rappellent une moraine de

[1] *Bullet. Soc. vaudoise des Sciences nat.*, 1862, VII, 254.
[2] Du 8 octobre 1861.

glacier. On y trouve les roches suivantes : serpentine, éclogite, protogine, arkésine, des schistes cristallins variés, des quartzites, des grès, des calcaires rouges, noirs, etc. Immédiatement au delà d'Yvoire, la falaise est formée de 5 mètres d'argile rougeâtre à blocs erratiques, superposée à 8 mètres de glaise bleuâtre, stratifiée horizontalement avec des bancs de petits cailloux, des blocs erratiques et des cailloux striés.

A la **pointe d'Yvoire** elle-même (Pl. II, fig. 4), l'argile bleue *(ar. bl.)* s'enfonce sous des sables rougeâtres *(s)*, et ceux-ci se changent un peu plus loin en sables et graviers irrégulièrement stratifiés, qui ressemblent beaucoup à ceux des Tranchées près Genève, mais qui en diffèrent pour l'âge. Ils sont ici en forme d'amande, souvent en couches inclinées, et recouverts par l'argile rougeâtre et brune *(ar. br.)* à blocs erratiques et à cailloux striés. Ces sables font donc partie du terrain glaciaire.

En suivant le bord du lac, on continue à marcher sur l'argile bleue ; puis, à la pointe de Rovérée (pl. II, fig. 5), on trouve nne falaise de 10 à 15 mètres, composée de sables *(s)*, surmontés par le terrain glaciaire *(ar. br.)* dont l'épaisseur varie. On remarque dans celui-ci une ligne de blocs erratiques inclinée et descendant du haut de la falaise à la grève du lac. Elle est surmontée par la glaise bleuâtre (avec des nids de gravier, *n*), qui elle-même est dominée par de la glaise sableuse, brune, dans laquelle on voit encore quelques traces de l'ancien château. Au delà de la pointe, les sables bleuâtres et roux sont recouverts par la glaise bleue à cailloux striés.

De là au moulin des Pâquis, on ne voit que de la glaise bleue glaciaire. Ce même terrain se poursuit encore plus loin. Sur quelques-uns des gros blocs de cet endroit, j'ai

trouvé des stries glaciaires parfaitement marquées, ce qui est rare sur les blocs erratiques; et près de là, une grande masse de gravier occupe une poche ou dépression dans l'argile glaciaire (Pl. II, fig. 6). De ce point jusqu'à la plaine des Sablons, je n'ai pas examiné la falaise, qui m'a paru présenter toujours le même ordre de faits.

§ 66. — La **plaine des Sablons** entre Excenevrex et Coudré, repose sur la glaise; c'est un vrai pays de dunes, le seul qui existe sur les bords du lac de Genève [1]. Les collines qui s'y trouvent sont variées dans leurs formes; elles sont composées de sable excessivement fin, semblable en tout à celui du bord de la mer. Il est probable que, par les jours de forte bise, il y a, dans le golfe de Coudré, une grande fabrication de sable, si je puis me servir de cette expression. Je crois cependant qu'une partie de ce terrain meuble a été amenée par le Redon et par le Vion, qui tous deux descendent de la colline de Boisy formée de mollasse; ces sables paraissent être de la mollasse décomposée. Il est vraisemblable que le golfe de Coudré s'étendait naguère dans les terres plus profondément que de nos jours, parce que la pointe d'Yvoire n'avait pas été diminuée et que le golfe n'avait pas été comblé. A peu de distance de là se trouve le village de Sciex, bâti sur une terrasse de gravier de 50 mètres (estimée à la vue), qui repose sur l'argile glaciaire.

§ 67. — En résumé, le massif de la pointe d'Yvoire est un des plus intéressants de nos environs pour l'étude du terrain erratique; les arrangements des sables et des graviers avec les couches à cailloux striés démontrent que cet ensemble de roches appartient à une seule et même forma-

[1] M. Morlot a indiqué la présence de dunes entre Martigny et Saxon. *Bullet. Soc. vaudoise*, 1857, V, 306.

tion, le terrain glaciaire. Les géologues qui croient que notre pays a été envahi deux fois par la glace soutiendront peut-être que l'on peut reconnaître dans la couche de glaise inférieure, un représentant de la première période glaciaire, que les sables et graviers ont été amenés par un courant d'eau après la fonte du premier glacier, et que la glaise supérieure a été déposée à la seconde époque glaciaire. Pour moi, je ne sais voir dans toute la presqu'île d'Yvoire qu'une grande et énorme masse morainique, associée à des alluvions glaciaires, et je pense qu'elle a été déposée par l'unique glacier qui ait envahi notre vallée. — Provient-elle d'une moraine profonde, d'une moraine terminale, d'une moraine latérale ou d'une moraine superficielle? La question me paraît difficile à résoudre. J'aurais été assez disposé à y voir une moraine superficielle, s'il n'y avait pas eu tant de blocs et d'alluvions glaciaires. Or, il me semble que cette quantité incroyable de blocs entassés les uns sur les autres n'indique pas une moraine tombée sur le sol au moment de la fonte du glacier, mais dénote plutôt un endroit où les blocs d'une longue traînée superficielle sont venus tomber sur l'un des bords du glacier pendant un temps considérable; et la présence des alluvions glaciaires, qui ne se forment en général qu'à la limite de la glace et de la terre, vient étayer cette manière de voir. Je crois donc reconnaître dans la colline d'Yvoire une ancienne moraine formée sur le bord du glacier qui jadis a occupé notre vallée, et son origine me paraît semblable à celle que M. Escher attribue à la presqu'île de Hurden près Rapperschwyl, sur le lac de Zurich[1].

La pointe d'Yvoire présente quelque chose d'exception-

[1] Ueber die Bildungsweise der Landzunge von Hurden, nos 71 et 72 der *Mittheilungen der Naturf. Gesell. in Zurich.*

nel, lorsqu'on la compare aux autres promontoires placés sur les bords du lac de Genève. Ils sont tous traversés par une rivière ou un ruisseau, et ils doivent leur formation aux matières transportées par ces courants; mais aucun ruisseau n'a pu contribuer à former la presqu'île d'Yvoire.

A la partie supérieure de cette moraine, on trouve à l'endroit nommé Aux Combes, une petite épaisseur de gravier stratifié qui appartient, je crois, à l'alluvion des terrasses, et qui doit être placée à environ 65 mètres au-dessus du niveau du lac, d'après M. Necker [1]. Toute la masse principale du sol des environs d'Yvoire, de Chevilly et de Douvaine est formée de glaise, de gravier et de blocs.

§ 68. — De Saussure, qui a décrit le terrain erratique de la **colline de Boisy**, y a signalé de grands blocs ; l'un d'eux, connu sous le nom de Pierre à Martin, est fort considérable. J'en indiquerai un autre très-beau, situé près de la chapelle de Chavannet à l'extrémité N.-E. du coteau. Quelques-uns de ces blocs, parmi lesquels on en rencontre qui appartiennent au calcaire nummulitique, s'élèvent jusqu'au sommet de la colline ; l'argile glaciaire qui atteint également cette élévation, est difficile à distinguer des marnes et des argiles de la mollasse.

§ 69. — Le terrain glaciaire est fort abondant entre Yvoire et Thonon. M. Deluc [2] a signalé à l'O. de ce dernier endroit un groupe de plus de 650 blocs erratiques granitiques, et plus d'un millier sont placés, suivant lui, au-dessous des eaux du lac. Il est probable qu'ils ont fait partie de la moraine d'Yvoire, qui s'étendait jadis plus ou moins dans cette direction. Près du village de Corsent, un bloc présente une longueur de 55 pieds, une largeur de 25 et

[1] *Etudes*, 322.
[2] *Mém. Soc. de physique*, 1826, III, 155.

une hauteur de 23, et un autre atteint les dimensions de 42, 13 et 10 pieds.

§ 70. — J'ai déjà parlé des terrasses remarquables des environs de Thonon (§ 38), mais elles ne forment qu'une petite partie des grandes masses de transport qui ont été amenées des vallées du Rhône ou de la Dranse, par des glaciers ou par des courants.

C'est près de Thonon, dans la sauvage vallée de la Dranse et un peu en amont de la fabrique de gypse d'Armoi, que M. Morlot a cru reconnaître les traces de deux époques glaciaires. Elles consistent en une masse de glaise avec cailloux striés, placée de telle sorte qu'elle est dominée par une grande épaisseur (50 mètres environ) de diluvium, c'est-à-dire de gravier ou de béton sans cailloux striés, attestant un dépôt formé par un courant. Ce diluvium paraît reposer, suivant M. Morlot, sur un terrain glaciaire; il est lui-même recouvert par une masse considérable de boue glaciaire avec cailloux striés. En sorte que, d'après ce savant, on trouverait ici un terrain glaciaire inférieur, placé sous une alluvion, laquelle serait recouverte à son tour par un second terrain glaciaire, qui lui-même serait placé sous l'alluvion des terrasses [1].

M. Morlot est un observateur trop habile pour que j'élève aucun doute sur la disposition des terrains, quoique le dépôt glaciaire inférieur m'ait échappé lorsque j'ai visité la vallée de la Dranse. Mais je serais disposé à croire que cette partie du terrain glaciaire n'est que le résultat d'un éboule-

[1] Voyez plusieurs communications faites par M. Morlot à la Société vaudoise des Sciences naturelles, publiées dans les Bulletins de cette société, les principales se trouvent : 1854, IV, 39, 41, 53, 165; — 1858, VI, 3; — 1859, VI, 101. — Société helvétique réunie à Berne en 1858, et *Archives*, 1858, III, 127.

ment du terrain glaciaire supérieur, qui descend fréquemment en grandes masses boueuses lorsqu'il est ramolli par les pluies. Je regarde comme probable qu'un éboulement semblable aura rempli une anfractuosité de la masse alluviale, au-dessous de laquelle l'argile glaciaire semble être placée maintenant, et que la Dranse aura enlevé ensuite la plus grande partie de ce terrain éboulé, en respectant ce qui était dans cette anfractuosité. Je crois plus volontiers à un éboulement de ce genre, qu'à deux époques glaciaires, car elles auraient laissé des traces nombreuses; or, celles-ci manquent; et c'est uniquement dans l'étroit chenal de la Dranse, qui est dominé par les glaises à cailloux striés, que l'on voit les prétendues traces d'un glacier antérieur à l'alluvion ancienne[1]. Je trouve qu'on rend facilement raison de tous les phénomènes quaternaires de notre pays, en admettant une seule époque glaciaire (§ 177); il est donc superflu d'en supposer deux ou trois.

§ 71. — Ce qui est certain, c'est qu'au-dessous du terrain glaciaire, inférieur lui-même aux terrasses, on trouve dans les environs de la Dranse et de Thonon des masses énormes d'une alluvion ancienne formée par un puissant conglomérat de cailloux roulés et de sable, habituellement liés par un ciment tuffeux qui donne une grande dureté à la masse; sa structure est torrentielle, et ses cailloux proviennent en grande partie du bassin hydrographique de la Dranse. Cependant ce dépôt étant situé au confluent de ce dernier bassin et de celui du Rhône, on ne doit pas s'étonner d'y trouver quelques roches provenant du Valais. Cette

[1] M. Morlot n'admet que deux époques glaciaires, et M. Venetz, dans un mémoire qui n'a pas été publié de son vivant, il est vrai, admet trois extensions de glaciers. *Bullet. Soc. vaudoise des Sciences natur.*, 1859, VI, 129, et *Mém. Soc. helvétique des Sciences nat.*, 1861, XVIII.

grande masse de cailloux roulés a peut-être pour origine le courant qui sortait de la vallée de la Dranse pendant la période de grande humidité qui a précédé l'extension des glaciers.

§ 72. — Le terrain glaciaire des berges de la Dranse présente une énorme épaisseur (200 ou 300 pieds). Il contient des sables stratifiés, qui se confondent facilement avec ceux de l'alluvion des terrasses qui leur sont supérieurs.

Pendant quelque temps, on a exploité à une certaine hauteur, sur la rive gauche de la Dranse, et près d'Armoi, une couche de lignite dont la position est grossièrement indiquée par la pl. II, fig. 7. Il paraît être placé dans le terrain glaciaire [1]. Ce lignite, qui a disparu, était un dépôt de bois fossile dont la matière végétale était peu altérée; on y trouvait des cônes de sapin noircis, mais très-bien conservés [2]. La couche avait environ $1^m,5$ d'épaisseur et 300 mètres de longueur.

La présence des végétaux fossiles dans le terrain glaciaire n'est pas fréquente, cependant M. Morlot a trouvé un petit banc de tourbe au Signal de Bougy; on a recueilli un frag-

[1] M. de Mortillet en a dit quelques mots, *Association florimontane*, 3 novembre 1854.

[2] D'après M. Morin, pendant trois mois d'exposition à l'air, ce lignite perd 35 °/₀ de son poids en se desséchant. Dans cet état, son analyse a donné :

Eau	15,66
Cendres	37,60
Carbone pur	21,00
Matières volatiles	25,67
Soufre	0,07
	100,00

La valeur calorifique de ce combustible est de 1800 calories par kilog., et les morceaux qui ont conservé l'apparence du bois ont une valeur double, c'est-à-dire 3600 calories (*Classe d'industrie*, 14 janvier 1850, et *Actes de la Société helvétique*, 1848, 186, Soleure).

ment de bois à l'état de lignite noir dans l'argile glaciaire en creusant un puits à Colovrex dans le canton de Genève, et j'ai déjà dit qu'au bois de la Bâtie on trouve quelques traces d'un combustible qui paraît plus ancien que celui de la Dranse (§ 81).

§ 73. — Un autre dépôt du même genre, plus important au point de vue pratique et mieux connu dans la science; grâce aux belles observations de M. le professeur Heer, est celui d'**Utznach, près Zurich**[1]. Il paraît que la coupe qui en avait été donnée par M. Escher[2], doit être modifiée, et que des observations récentes ont montré que ces bois fossiles étaient placés entre deux dépôts glaciaires[3], ce qui leur assigne une position assez semblable à ceux des rives de la Dranse. L'examen du gisement de ce combustible dans le canton de Zurich a eu pour résultat de faire dire à M. Heer qu'il y avait eu en Suisse deux époques glaciaires. Les lignites des environs de Chambéry sont, je crois, plus anciens que le terrain glaciaire (§ 81).

§ 74. — On peut voir près de Thonon certains plateaux bien caractérisés, à des niveaux supérieurs aux terrasses que j'ai indiquées précédemment (§ 38), et dont la plus élevée nommée Sur Crête est située à 77 mètres au-dessus du niveau du lac. Ces plateaux qui atteignent une grande hauteur sont plus ou moins réguliers, rarement formés de graviers, et parsemés de nombreux blocs erratiques. En parcourant la route de Sur Crête à Liaud, on peut faire les observations suivantes :

[1] *Archives*, 1858, II, 305.

[2] *Bull. Soc. géol. de France*, 1850, VII, 601. — Lyell, *Ancienneté de l'homme*, trad. franç., 1864, 330.

[3] Desor, le *Phénomène erratique des Alpes*. — *Jahrbuch des Schw. Alpen-Club*, 1864; et Heer, *Discours prononcé à l'ouverture de la 48me session de la Soc. helvétiq. des sciences nat. Archives*, 1864, XXVIII, 351.

1° A 27 mètres au-dessus de Sur Crête se trouve un plateau assez irrégulier (104 mètres au-dessus du lac), très-raviné et creusé par des vallons courts et profonds.

2° Un beau plateau bien caractérisé, à 578 mètres d'après une mesure barométrique (203 mètres au-dessus du lac).

3° Un autre plateau situé à 609 mètres (234 mètres au-dessus du lac). Il est grand, bien marqué et s'observe sur les deux rives de la Dranse. Les blocs erratiques y sont fréquents.

4° Un autre plateau qui a été estimé à 25 mètres au-dessus du précédent (259 mètres au-dessus du lac).

5° Enfin, non loin de **Liand**, on remarque une nouvelle plateforme, à environ 10 mètres au-dessus de la précédente, c'est-à-dire à 270 mètres à peu près au-dessus du lac.

6° A côté du village se trouve une terrasse à 686 mètres au-dessus du niveau de la mer (311 mètres au-dessus du lac); elle fait partie du cône de déjection du ruisseau qui descend du passage nommé le Col; sa surface est horizontale. Le village d'Orcier est construit sur une terrasse dont le niveau pris au moyen du baromètre a été trouvé de 660 mètres. Elle est formée de cailloux roulés, secondaires et primitifs, stratifiés, dont les couches plongent contre le lac avec une inclinaison de 40° environ. C'est près de là qu'un effondrement du sol a déterminé un nouveau petit lac (§ 310).

M. Necker pensait que la Dranse avait passé en arrière des **Allinges**, le long du pied de la montagne, pour venir rejoindre le grand lit de rivière où coule maintenant un petit ruisseau au pied des Voirons; mais sauf des berges assez remarquables, placées entre Villars et Draillant, rien ne

confirme cette supposition (§ 62). On comprend, en effet, qu'il soit difficile de retrouver les traces d'une rivière qui aurait tellement obstrué son cours qu'elle aurait dû l'abandonner; et ce qui ajoute à la difficulté, ce sont les ravins creusés en différents sens par les agents actuels.

Près du village de **Châteauvieux**, qui est à la hauteur de l'un des plateaux dont je viens de parler, on trouve des masses considérables de graviers en couches inclinées de 40° contre le lac, associées à des lambeaux de glaise et à des cailloux striés qui constituent un dépôt glaciaire.

§ 75. — Il n'est pas facile d'expliquer la forme en plateaux imprimée aux dépôts d'alluvion et de terrain glaciaires (glaise, cailloux striés et blocs) de cette localité; mais je crois qu'on peut dire d'une manière générale qu'elle est le résultat de temps d'arrêt du grand glacier pendant sa période de décroissance. Les eaux ont eu de l'influence sur la distribution des graviers qui s'y trouvent, et la surface des terrasses a été modifiée par l'écoulement des eaux post-glaciaires.

La Dranse ayant coulé probablement jusqu'aux environs des Allinges, avant d'avoir creusé le lit qu'elle occupe aujourd'hui, a charrié l'alluvion ancienne, et l'a déposée en couches plus ou moins inclinées contre le lac; puis sont arrivés les glaciers de la Dranse et du Rhône, qui ont couvert cette alluvion ancienne de glaise et de blocs erratiques. Dans sa période de retrait le glacier du Rhône, alors qu'il était à peu près stationnaire et que son bord se retirait lentement avec des temps d'arrêt, a pu tailler quelques-unes des berges qui terminent les plateaux. Mais le cours de la Dranse après la fusion des glaciers a également contribué à leur donner leurs formes.

Cette rivière a passé à la surface de la boue glaciaire, l'a

ravinée et emportée à certains endroits, de telle manière que les blocs erratiques qu'elle n'a pu déplacer reposent parfois sur l'alluvion ancienne. Elle a encore déposé des sables et des cailloux appartenant à l'alluvion des terrasses, tantôt à la surface de l'alluvion ancienne qu'elle avait dépouillée du terrain glaciaire, tantôt sur celle de ce dernier terrain dans les endroits où elle l'avait laissé en place. Elle a ainsi taillé des berges et des ravins dans des directions variées. Il me semble que les dépressions sans écoulement que l'on trouve dans maints endroits, attestent par leurs formes qu'elles n'ont pu être creusées par de petits courants d'eau, mais qu'il a fallu pour les produire un courant puissant, formant des affouillements. Peu à peu la Dranse a creusé le lit qu'elle occupe aujourd'hui, et le grand delta qu'elle a abandonné, qui s'étend jusqu'aux Allinges et peut-être au delà, n'a plus été raviné que par les eaux de l'époque actuelle.

§ 76. — A **Bons**, entre les Allinges et le pied de la montagne, on trouve encore des graviers et du terrain erratique, qui forment une terrasse s'élevant à 10 mètres environ au-dessus du village, c'est-à-dire à 560 mètres à peu près au-dessus de la mer, ou à 185 mètres au-dessus du lac.

Entre **Brenthonne** et Lully, le monticule de Macolon, au nord de la route, est composé en entier de gravier stratifié, il forme la berge d'une ancienne rivière qui coulait entre lui et la montagne. Était-ce un bras de la Dranse qui passait ici? Je ne le sais (§ 74). Le terrain erratique, qui s'élève très-haut contre les montagnes du voisinage, a dépassé les cols qui s'y trouvent, et la glaise qui est en partie descendue des pentes, se confond avec le macigno alpin décomposé qui forme le sol.

§ 77. — Les traces d'**animaux** conservées dans le terrain glaciaire de notre pays, ne sont pas nombreuses. J'ai déjà parlé d'un ossement d'éléphant trouvé à la Chiésaz près de Vevey, à 253 mètres d'élévation au-dessus du lac (§ 44), et j'indiquerai encore les ossements recueillis dans la carrière de gravier glaciaire de **Mategnin**, près de Genève, à 70 mètres environ au-dessus du niveau du lac, ils ont été étudiés avec soin par M. le professeur Pictet [1], et déterminés sous les noms suivants :

Musaraignes,	*Bœufs*,
Taupes,	*Antilopes*,
Martes,	*Moutons ou Chèvres*,
Putois,	*Oiseaux*,
Renards,	*Crapauds*,
Rats,	*Grenouilles*,
Campagnols,	*Lézards*.
Cochons,	

Ces animaux de l'époque glaciaire sont identiques à ceux de l'époque actuelle ; quelques ossements analogues ont été trouvés dans les carrières de gravier du Plan-les-Ouates.

Non loin de Lausanne, on a recueilli des ossements de marmottes dans le terrain glaciaire [2], et ce n'est point un fait isolé; car ces animaux, qui ne se rencontrent plus maintenant que dans des régions froides, ont habité les pays de plaines, comme l'indique la présence de leurs ossements trouvés dans les environs de Niort, dans ceux de Paris et dans l'Astésan [3] (§ 167).

[1] Mém. sur les ossements trouvés dans les graviers stratifiés des environs de Mategnin ; *Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat.* XI, 1845.

[2] *Bull. Soc. vaudoise des Sciences nat.*, IV, 51-71.

[3] De Mortillet, *Matériaux pour l'histoire de l'homme*, I, 30.

Tels sont quelques-uns des traits principaux du terrain glaciaire qui occupe une si grande étendue dans notre pays. Mais quelle est la cause de son transport, par quel moyen ce dépôt s'est-il formé et s'est-il étendu? Nous n'en avons pas encore parlé. Il nous reste donc à suivre les traces du terrain erratique dans les vallées des Alpes. Nous y trouverons la preuve de l'ancienne présence de gigantesques glaciers, qui en usant les flancs des vallées et en triturant les éléments qu'ils leur arrachaient, ainsi que ceux qui, après être tombés à leur surface, arrivaient au-dessous d'eux, ont formé la grande étendue de glaise à cailloux striés qui est un des principaux éléments du terrain glaciaire. Ces glaciers ont transporté les blocs erratiques sur les flancs des montagnes et ont produit tout l'ensemble du terrain glaciaire.

Mais, avant de suivre ces masses de glaces et les dépôts auxquels elles ont donné lieu du haut des vallées jusque dans la plaine, je dirai quelques mots de l'alluvion ancienne des environs de Genève, afin de compléter le tableau des terrains supérieurs à la mollasse de cette extrémité de la plaine suisse.

CHAPITRE V

SUITE DE LA PLAINE ET DES TERRAINS QUATERNAIRES

ALLUVION ANCIENNE

Sa description, 78. — Sa composition. Sa position, 79. — Vernier, 80. — Lignite du bois de la Bâtie, de la Boisse et de Sonnaz, 81. — Son âge, 82. — Son origine, 83, 84.

§ 78. — M. Necker a désigné sous le nom d'alluvion ancienne le terrain placé au-dessous de son diluvium cataclystique rapporté maintenant au terrain glaciaire. La première de ses dénominations paraît convenable parce qu'elle distingue nettement ce terrain de l'alluvion des terrasses. M. Elie de Beaumont avait précédemment reconnu dans le Dauphiné deux dépôts, l'un de transport ancien, et l'autre plus moderne désigné par l'épithète de diluvien, qui renferme des blocs anguleux et qui ne se lie nullement au précédent [1]. Cette disposition est la même que celle des environs de Genève. Près de cette ville l'alluvion ancienne qui se voit au bois de la Bâtie et à St-Jean présente les caractères imprimés par des courants d'eau, et fort peu ceux que donnent les glaciers, on n'observe dans cette formation ni glaise avec cailloux striés, ni blocs erratiques. Elle est composée de cailloux roulés, ovoïdes ou aplatis, associés à des sables. « Ils forment des lits horizontaux, dit « M. Necker, quelquefois d'une épaisseur de plusieurs toises,

[1] *Ann. des Sc. nat.*, 1830, XX, 63 et 98.

« alternant parfois irrégulièrement avec des lits de gravier « et de sable beaucoup plus courts, moins épais et de forme « lenticulaire, c'est-à-dire s'amincissant à leurs extrémités « jusqu'à se terminer en pointe. »

§ 79. — De Saussure et Necker ont déjà donné des détails sur les **caractères minéralogiques des cailloux** qui entrent dans la composition de ce terrain. Je dirai seulement qu'on y reconnaît toutes les roches des bassins hydrographiques de l'Arve et du Rhône. Il y a beaucoup de grès et de poudingues, des calcaires très-variés, dont quelques espèces se décomposent et deviennent cloisonnées ou caverneuses, ce qui rappelle la structure de la cargneule; ils sont d'un gris noir avant leur altération, et jaunes après leur changement.

Les roches de cristallisation y sont nombreuses : ce sont des quartzites, des protogines, des schistes talqueux, des gneiss, des micaschistes, des syénites, et beaucoup de roches qui sont intermédiaires entre ces espèces. On y voit encore des jades, des serpentines et enfin des euphotides qui ne peuvent venir que de la vallée de Saas dans le Valais. Ceci présente une certaine importance, comme nous le verrons, car on se demande comment ces roches ont pu traverser le lac de Genève.

Cette immense quantité de cailloux forme en quelques endroits une roche meuble et sans consistance, qui se désagrége aussitôt qu'on la touche; d'autres fois les cailloux sont liés entre eux par un ciment calcaire d'une ténacité telle qu'on les brise plutôt que de les détacher. Ce ciment, qui provient de l'infiltration des eaux arrivant des parties supérieures, ne peut nullement être regardé comme étant un caractère particulier aux alluvions de cette époque.

La fig. 8 de la pl. II, représente l'alluvion ancienne du

bois de la Bâtie placée au-dessous du terrain glaciaire. Elle a été dessinée en aval de la jonction de l'Arve et du Rhône sur la rive gauche. Cette alluvion est donc très-répandue sur les bords de ces deux cours d'eau près de Genève. M. Necker dit qu'à Montbrillant, l'un des faubourgs de Genève, elle est placée au-dessous du terrain glaciaire. Elle passe sous les argiles glaciaires du Petit-Lancy et des Recluses; près de là, chez M. Dunoyer, on a creusé un puits de 150 pieds qui descend jusqu'au niveau de l'Arve et du Rhône; il a d'abord traversé 18 pieds de glaise avec blocs erratiques, et du gravier ensuite. On prétend que lorsque le baromètre baisse, il se détermine un bruyant courant d'air au travers de ce puits. Ce courant provient de ce qu'un allégement de la pression atmosphérique laisse dégager l'air emprisonné dans la grande masse des cailloux enfermée sous l'argile glaciaire.

On peut suivre l'alluvion ancienne sur les bords du Rhône, jusqu'à une grande distance de Genève. Au bois de la Bâtie, elle s'élève à peu près à 30 mètres au-dessus de ce fleuve; à Cartigny, son sommet paraît être à 42 mètres, et au nant de Cologny au delà de Chancy, il est à 100 mètres d'après Necker[1]. Or, comme dans ces trois localités le Rhône est à 372, 350 et 332 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, la surface supérieure de l'alluvion ancienne se trouve à 402, 392 et 432 mètres de hauteur et par conséquent elle n'est pas horizontale.

§ 80. — Il est rare, au moins dans notre pays, qu'on puisse voir le contact immédiat de l'alluvion ancienne avec la mollasse. Il se montre cependant dans les carrières situées en amont du moulin de Vernier; on y observe:

[1] *Etudes*, 273.

1° La *mollasse* dans laquelle le lit du Rhône est creusé; cette roche s'élève à environ 15 mètres au-dessus de l'eau.

2° L'*alluvion ancienne*, formée par des cailloux en lits horizontaux alternant avec des sables. Parmi les premiers, on remarque des euphotides du Valais; j'ai été frappé de trouver au contact de la mollasse des cailloux très-anguleux associés aux cailloux roulés. Cette observation me paraît avoir quelque importance, car elle montre que les glaciers n'ont peut-être pas été tout à fait étrangers à la formation de l'alluvion ancienne.

3° La *glaise graveleuse* à cailloux striés et à blocs erratiques, terrain évidemment *glaciaire*, recouvre la couche précédente. En face se trouve la presqu'île de Loex, formée par la mollasse s'élevant à 15 mètres au-dessus du Rhône et par 7 mètres d'alluvion ancienne, recouverte de l'*alluvion des terrasses*. Ainsi en tenant compte de l'*alluvion moderne*, nous voyons réunis dans cette localité le terrain tertiaire et les quatre terrains quaternaires de notre pays.

§ 81. — Il y a au pied du bois de la Bâtie, du côté du Rhône, une **couche d'argile et de marne bleue** recouverte par une marne jaunâtre. M. Necker la croit superficielle[1], mais elle fait partie du terrain d'alluvion ancienne à laquelle elle est inférieure. Elle s'élève près de l'angle du bois à 5 ou 6 mètres au-dessus de la rivière. On trouve, au contact des deux marnes, des traces notables de bois fossile ou de lignite; ce sont des tiges et des branches d'arbres, des nervures de feuilles, etc., associées à des planorbes et à des lymnées. Ce pauvre gisement du bois de la Bâtie est probablement contemporain de la couche trouvée sur les rives de **la Boisse près Chambéry**, où l'on a recueilli des

[1] *Etudes géol.*, p. 165, 235.

insectes, et dont M. Pillet a bien voulu m'indiquer la position géologique par la coupe suivante, en commençant par le haut :

1° *Lehm glaciaire*.	10	mètres.
2° *Sable et gravier*	15	»
3° *Argile à briques* et à empreintes d'animaux.	1	»
4° *Sable*, épaisseur inconnue, au moins.	6	»

Il y a quelquefois, entre les nos 1 et 2, une couche d'argile jaunâtre de 10 centimètres d'épaisseur. Dans la couche n° 3 M. Heer a reconnu les végétaux suivants :

Betula alba, Lin. bois.
Pinus sylvestris, Lin. bois et cônes.
Id. abies, Lin. bois.
Salix cinerea, Lin. feuilles.
Salix repens, Lin. feuilles.

Il y a trouvé aussi les insectes connus sous le nom de :

Donacia menyanthidis.
Id. discolor.
Carabus Billieti, Mort.
Agonum Sismondæ, Mort [1].

Les mollusques sont les suivants :

Helix hortensis.
Id. nitens.
Auricula minima.
Paludina impura.
Lymnæa ovata.
Cyclas fontinalis.
Clausilia bidens.
Id. ventricosa.

[1] M. Mortillet s'était occupé de ce sujet, *les Alpes*, 1850, p. 23.

Il est bien remarquable que tous ces êtres organisés découverts au-dessous du terrain glaciaire, soient semblables à ceux qui vivent actuellement dans la même région.

Le dépôt de **lignite de Sonnaz**, entre Aix et Chambéry, a le même gisement que l'alluvion ancienne du bois de la Bâtie, si on en juge d'après les diverses descriptions qui en ont été données, et surtout par celle de M. Pillet, qui place ce terrain *au-dessous* du terrain glaciaire et qui propose de lui donner le nom de terrain chambérien [1].

Si l'on adoptait ce nom, l'épithète d'alluvion ancienne des auteurs s'appliquerait uniquement à l'alluvion des terrasses. Ces dépôts, surtout celui de la Boisse, paraissent être plus anciens que celui de Durnten dans le canton de Zurich. Il faudrait cependant chercher à voir si, au-dessous de celui de la Savoie et de celui du bois de la Bâtie, il n'y a pas quelques traces de terrain glaciaire semblables à celles qu'on a trouvées depuis peu au-dessous de celui de Durnten ; mais cette observation n'a pu être faite jusqu'à présent.

§ 82. — L'alluvion ancienne qui ne s'observe guère

[1] Pillet, Description géologique des environs d'Aix en Savoie. *Mém. de l'Acad. de Chambéry*, et *Descript. géologiq. des environs de Chambéry*, 186[illegible], 50. — Voyez encore M. D'Espine, *Propagatore*, février et mars, 182[illegible], 150; *Bullet. de Férussac*, XVI, 372. — Mgr Billiet, *Bibliothèque Univers.*, XXIV, 35 ; *Mémoires de la Société royale acad. de Savoie*, I. — M. Davat, *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1844, I, 749. — M. de Mortillet, *Bullet. mensuel de la Soc. d'Hist. nat. de Savoie*, mars et avril, 1850, I, 205; *les Alpes*, 1850, 34; Prodrome d'une Géologie de la Savoie, *Mém. de l'Institut genevois*, 1855, III, où il classe ce dépôt dans le pliocène supérieur. — Lory, *Bullet. Société géolog. de France*, 1859, XVI, 823, et *Descript. géolog. du Dauphiné*, § 335, classe ce dépôt dans l'alluvion ancienne au-dessous du terrain glaciaire. M Studer le range dans l'alluvion ancienne, *N. Jahrb.*, 1846, 195; *Archives*, 1846, III, 248. — M. Elie de Beaumont le met dans le terrain de transport ancien, *Annales des Sciences naturelles*, 1830, XIX, 23. — M. Scipion Gras le place dans les couches tertiaires les plus récentes, *Annales des Mines*, 1848, XIV, 24.

que dans le centre de la vallée en aval de Genève, s'étend également dans quelques vallées alpines en aval de certains lacs. On a discuté son mode de formation. M. Lory nous dit que ce dépôt est peut-être contemporain des couches marines subapennines ou pliocènes, où qu'il est le représentant du commencement de l'époque quaternaire[1]. Les lambeaux épars de cette formation sont difficiles à rapprocher les uns des autres, et il est aisé de les confondre avec des graviers d'un autre âge.

§ 83. — Quoi qu'il en soit, on peut croire que dans le pays qui nous occupe il n'y a pas eu de mouvements à la surface de la terre, depuis le dépôt de ce terrain. Je ne vois rien du moins qui autorise à en supposer. Sous ce rapport, l'époque quaternaire de cette partie du continent diffère notablement de celle de l'Angleterre, pays dans lequel on trouve des preuves évidentes que de grands mouvements du sol ont eu lieu depuis l'époque où vivaient des animaux marins identiques à ceux qui habitent maintenant sur ses côtes. Ces soulèvements ont porté des bancs de coquilles à 420 mètres au-dessus du niveau de la mer, à Moel Tryfane, dans le pays de Galles[2].

Les seuls changements qui soient survenus dans le bassin du Léman sont dus au remplissage d'une partie des vallées par les torrents qui, sortant des glaciers, ont amené l'alluvion ancienne, et qui l'ont accumulée dans notre bassin jusqu'au niveau où on la trouve maintenant et peut-être à une hauteur plus grande encore. Après cette époque les glaciers s'étendirent, apportèrent les glaises, les blocs erratiques, etc., et passèrent sur l'alluvion ancienne. Les

[1] Lory, *Bullet. Soc. géol. de France*, 1863, XX, 374, et *Descript. géol. du Dauphiné*, 3me partie, 660.

[2] Lyell, *Manuel* (traduct.), 1856, I, 220.

alluvions des terrasses, qui sont arrivées plus tard, ont été amenées par des courants qui ont produit des dénudations sur certains points, et des comblements sur d'autres. Enfin, dans les temps modernes, l'influence des agents atmosphériques a été notable. Toutes ces causes diverses ont apporté des modifications dans certains détails de configuration, mais on ne saurait reconnaître aucune trace d'affaissement, ni de soulèvement.

Pour se représenter l'état de cette région avant l'arrivée de l'alluvion ancienne, il faudrait enlever tous les dépôts qui sont au-dessus d'elle; alors on verrait que les torrents qui l'ont amenée passaient dans les dépressions placées entre les montagnes et les collines de mollasse. La plaine était certainement plus basse que maintenant, quoique la différence ne dût pas être fort grande; il est probable que le lac de Genève était déjà un vaste bassin, peut-être plus étendu que maintenant, la colline de Genève n'étant pas encore formée; mais dans son ensemble le pays serait, je crois, reconnaissable pour un des habitants actuels si un magicien pouvait le lui faire revoir tel qu'il était dans ces temps éloignés.

§ 84. — Par quelle cause les **cailloux roulés du Valais** sont-ils arrivés au delà de Genève? Pourquoi ne sont-ils pas restés dans les profondeurs du lac? Tel est le problème sur lequel les opinions sont partagées.

La difficulté n'a été soulevée que pour l'alluvion ancienne des plaines séparées des montagnes par des lacs profonds; car pour l'alluvion ancienne de la plaine dauphinoise [1], venue en grande partie par la vallée de l'Isère, qui ne renferme pas de lac, il est aisé d'en expliquer le transport par

[1] Lory, *Descript. géol. du Dauphiné*, 658.

des courants. Mais en Suisse sur les deux versants des Alpes, et en Lombardie, il n'en est pas ainsi, et l'on doit chercher à comprendre comment les graviers placés au-dessous du terrain glaciaire ont pu se répandre dans les plaines situées en aval des lacs; en particulier, pour Genève, nous devons chercher comment ces alluvions anciennes, caractérisées par des cailloux d'euphotide du Valais, ont pu franchir l'espace occupé par le lac Léman.

Cette question est liée à celle de **l'origine des lacs.** Il est évident que s'ils n'ont été creusés que par les glaciers, ce que je ne crois pas, l'alluvion ancienne n'a eu aucune peine à traverser des dépressions qui n'existaient pas. Je traiterai ce sujet plus tard (§ 190); pour le moment je dirai en deux mots que l'alluvion ancienne est, à mes yeux, un produit des grands glaciers, que ses cailloux ont franchi les dépressions des lacs sur la glace, à l'état de blocs, et qu'ils n'ont pris la forme de cailloux roulés qu'après avoir été remaniés par les eaux, sortant des glaces, qui les ont arrondis et étendus en bancs plus ou moins horizontaux, en aval des glaciers. L'alluvion ancienne a été, pour les glaciers quaternaires, ce que sont les plaines caillouteuses qui se voient de nos jours en aval de beaucoup de nos glaciers alpins. La présence de cailloux anguleux entre l'alluvion ancienne et la mollasse que j'ai constatée à Vernier (§ 80), appuie fortement cette manière de voir.

En résumé, nous avons vu que la plaine des environs de Genève est composée de la manière suivante :

Alluvion moderne,
Alluvion des terrasses,
Terrain glaciaire,
Alluvion ancienne,

reposant sur la mollasse. Maintenant nous allons reprendre

l'étude de ces terrains dans les différentes vallées qui entrent dans le cadre de ma carte; mais nous aurons surtout en vue le terrain glaciaire, dont les traces dénotent un des phénomènes les plus singuliers de l'histoire de la terre, savoir : la grande extension des glaciers.

CHAPITRE VI

TERRAIN ERRATIQUE DE LA VALLÉE DU RHONE

Introduction, § 85. — Travaux antérieurs. Roches caractéristiques, 86. — Val Ferret, 87. — Plein-y-bœuf, 88. — Orsières, 89. — Champey, 90. Entremont, 91. — Sembranchier. Bagne. Débâcle de 1818, 92. — Mont Chemin, 93. — Arpille, 94. — Vallée du Rhône, de Martigny au lac, 95 à 99.
Rive droite du glacier. Environs de Soleure, 100. — Steinhof, 101. — Limite sur le Jura, 102. — La plaine, 103.
Rive gauche du glacier et du lac. Environs des Dents d'Oche, 104 et suiv. — Vallée d'Abondance, 105. — Vallée du Biot, 106. — Vallée de Bellevaux, 107. — Fourches d'Habère, 108. — Saxel, 109. — Voirons, 110. — Montoux, 111. — Mont de Sion et Vuache, 112. — Au delà du fort de l'Écluse, 113. — Bugey, 114. — Plaine de la France, 115.
Tableau de la limite supérieure, 116. — Pente de la vallée du Rhône, 117. — Résumé, 118.

§ 85. — En essayant de décrire le terrain erratique qui rentre dans le cadre de ma carte, je n'ai pas la prétention d'en faire un tableau complet. J'ajouterai seulement quelques observations nouvelles à celles qui sont déjà connues. Je dois faire remarquer d'abord que l'ensemble de ces observations porte sur des faits qui se sont passés durant l'époque quaternaire, mais qui n'ont pas été toujours contemporains les uns des autres. Les phénomènes se sont succédé de la manière suivante. — Après l'époque tertiaire et le soulèvement qui donna à nos mollasses la position qu'elles ont aujourd'hui, il s'écoula un laps de temps dont on ne peut fixer la durée, et pendant lequel, une cause difficile à apprécier, tout en refroidissant peu le climat du pays, eut pour effet d'entasser les neiges dans les montagnes. Les Alpes en eurent leur large part; de grands

glaciers se formèrent peu à peu, s'avancèrent lentement à une distance considérable de leur point de départ et remplirent les vallées jusqu'à une hauteur énorme. La limite d'extension du glacier du Rhône se trouve aux environs de Soleure d'un côté, et dans les plaines de la France de l'autre. Ces glaciers qui se mouvaient dans les vallées les débarrassèrent de blocs énormes, de quartiers de montagnes qui y étaient tombés à la suite du soulèvement, et exercèrent une action nivelante sur leur fond, ainsi que sur la plaine. Ils déposèrent des blocs erratiques à une grande élévation pendant la durée de leur extension, qui a été peut-être fort longue et formèrent une moraine profonde, qui s'étendit à mesure qu'ils progressaient. Ils polirent les roches sur lesquelles ils passaient, et agirent toujours dans le même sens, chaque fois qu'après une période de recul ils avancèrent de nouveau, comme on le voit maintenant dans nos Alpes. Alors il se forma beaucoup d'alluvions glaciaires. — Puis, lorsque la température de l'air revint peu à peu ce qu'elle est de nos jours, ces glaciers se retirèrent, probablement avec des oscillations et des moments d'arrêt. Ce fut dans cette période qu'ils déposèrent, sur leur front et sur leurs flancs, des moraines et des blocs épars; que tous les débris qu'ils portaient à leur surface vinrent se superposer à la moraine profonde, et que se formèrent en dernier lieu certaines moraines situées dans le fond des vallées ou à une petite hauteur sur le flanc des montagnes. On conçoit aisément que ces différents dépôts ne peuvent pas être complétement contemporains.

Dans ce travail, nous aurons aussi en vue la recherche du niveau supérieur des blocs erratiques[1], qui est un des

[1] Elie de Beaumont, *Institut*, 1842, 300, et *Ann. des Sciences géologiques*, 1842. — Guyot, *Actes de la Société helvétique des Sc. nat. à Zurich*.

éléments décisifs de la théorie de ce grand phénomène. On trouvera de nombreux et précieux renseignements sur tout ce qui tient aux glaciers, à leurs effets actuels et anciens, ainsi qu'à la météorologie des régions alpines, dans le grand et bel ouvrage de M. Dolfuss-Ausset, « Matériaux pour l'étude des glaciers, » ainsi que dans les travaux de M. Hogard [1].

§ 86. — Les **vallées d'Entremont et de Ferret** ont fourni un contingent considérable de glace à l'immense glacier du Rhône, qui, prenant sa source dans le voisinage du St-Gothard, venait déboucher dans la plaine suisse, après s'être associé tous les énormes glaciers descendant des deux hautes chaînes situées au N. et au S. du Valais. Cette région renferme peut-être encore aujourd'hui les plus grandes masses de glace de la Suisse. En nous occupant du glacier qui avait envahi les vallées d'Entremont et de Ferret, nous ne parlerons que d'une petite partie de celui du Rhône. Cependant nous étudierons les traces que sa masse entière a laissées entre Martigny et les plaines de la France.

On a déjà beaucoup écrit sur l'extension de cet ancien glacier. MM. Venetz [2], de Charpentier [3], Guyot [4],

1841, 71. — Desor, *Bullet. Soc. géol. de Fr.*, XIV, 326; *Bull. Soc. de Neuchâtel*, III, 242.

[1] *Recherches sur les formations erratiques*, 1 vol. 8°, 1858, et *Recherches sur les glaciers et sur les formations erratiques*, 1 vol. 8°, 1858.

[2] Résultats des recherches de M. Venetz sur l'état actuel et passé des glaciers du Valais. *Actes helvétiques*, Lucerne, 1834, 23. — Mémoire sur les variations de la température dans les Alpes de la Suisse, *Mém. de la Soc. helvét. des Sciences nat.*, 1re série, 1833, I. — Mémoire sur l'extension des anciens glaciers, etc., ouvrage posthume, *Mém. de la Soc. helvét. des Sciences nat.*, 1861, XVIII.

[3] *Essai sur les glaciers*, etc., 1 vol. 8°, 1841. — Divers Mémoires dans le *Bullet. de la Soc. géolog. de France.*

[4] Note sur la distribution des espèces de roches dans le bassin erratique

Escher[1], etc., s'en sont occupés. Je pourrais, sans peine, faire un volume de citations; mais je m'en tiens à quelques-uns des travaux les plus importants, parmi lesquels je place les observations de M. Guyot sur les roches caractéristiques du terrain erratique de la vallée du Rhône auxquelles il a donné le nom de **roches Pennines** qui appartiennent aux espèces suivantes.

1° Le granit talqueux de Charpentier, nommé roche à sphène par L. de Buch et arkésine par Jurine, retrouvé en place par M. Guyot près du glacier de Zmutt, de la Dent Blanche et de la Dent d'Érens (Érin). La même année (1846) où M. Guyot faisait cette découverte, M. Studer et moi, nous trouvions cette roche en blocs entre Vey et Hermance, et nous en constations la grande abondance dans la moraine latérale gauche du glacier de Ferpècle, au fond de la vallée d'Hérens[2] en Valais.

2° Un gneiss chloriteux.

3° Des chlorites d'un vert brunâtre clair ou foncé, piquées régulièrement de granules de feldspath blanc, ou roches de Bagne.

4° Les euphotides de Saas.

5° Les éclogites qui renferment des grenats. Le gise-

du Rhône, *Bullet. des Sc. nat. de Neuchâtel*, nov. 1844 et 1845. — Dispersion du terrain erratique entre le Jura et les Alpes, *Bullet. Soc. de Neuchâtel*, 1846, I. — Topographie des Alpes pennines, *Bullet. des Sc. nat. de Neuchâtel*, janvier, 1847.

[1] Escher de la Linth, Ueber die Bildungsweise der Landzunge von Hurden im Zurichsee, *Comptes rendus de la Soc. d'Hist. nat. de Zurich*, nos 71 et 72. Ce travail contient une carte qui est à peu de chose près la même que celle qu'a publiée M. Ramsay dans son travail sur l'origine glaciaire de certains lacs de la Suisse, etc., *Quart. Journ. of the Geol. Soc.*, 1862, XVIII, 185.

[2] Les blocs erratiques de cette roche sont abondants sur le coteau de Montoux et à l'extrémité N. du Petit-Salève, près du trou de Tanabarra.

ment d'éclogite que j'ai trouvé au glacier du Trient (§ 515) n'enlève pas à cette roche le droit d'être regardée comme caractéristique du bassin du Rhône, mais celles des Aiguilles Rouges et du lac Cornu (§ 465) appartiennent décidément au bassin de l'Arve.

6° Les serpentines qui sont plus abondantes dans le bassin du Rhône que dans celui de l'Arve. Cependant on en trouve dans le groupe du Mont-Blanc (§ 500, 503, 515), et j'ai découvert un grand massif de cette roche dans les montagnes de Taninge (§ 305). Mais cette dernière ne paraît pas de nature à pouvoir supporter un long transport.

7° Les roches granitiques; elles ne peuvent servir à distinguer le bassin de l'Arve de celui du Rhône, et les protogines de la chaîne du Mont-Blanc appartiennent aux deux vallées.

8° Les poudingues de Valorsine qui sont abondants sur les deux rives du Rhône, entre Martigny et St-Maurice. Le glacier du Trient a eu anciennement un long parcours sur cette roche; aussi est-elle caractéristique du bassin du Rhône. Dans celui de l'Arve, on la trouve à l'Aiguille des Posettes; mais il est probable que lors de la grande extension des glaciers, les roches de cette localité étaient entraînées dans la vallée du Rhône au travers de la vallée de Valorsine.

M. Guyot ajoute encore les galets de quartz. La roche qui les a fournis est abondante dans le bassin du Rhône, et en particulier près du Grand St-Bernard. Elle est plus répandue encore dans la vallée de l'Isère, mais elle manque dans celle de l'Arve.

La distribution de ces matériaux d'après M. Guyot est soumise à une loi « qui est en tous points conforme à celle « qui préside à l'arrangement des moraines sur un glacier

« actuel composé de plusieurs affluents. » Cette disposition, si bien précisée, est une des preuves que le terrain erratique ne peut avoir été amené que par des glaciers.

§ 87. — Les roches du **val Ferret** ne sont pas de nature à présenter des surfaces polies. Les montagnes de la rive droite sont composées de cipolin, de gypse, de cargneule et de schistes argileux, qui n'ont pu garder le lustre qui leur avait été donné par le mouvement des glaciers. Celles de la rive gauche, qui s'élèvent jusqu'à 3900 mètres au-dessus du niveau de la mer, sont formées, dans le bas, de calcaire et de schistes dont la surface s'altère rapidement; dans les grandes hauteurs, les traces des anciens glaciers ne se distinguent plus de celles des glaciers actuels.

J'indiquerai, dans la partie supérieure du val Ferret, des traces de glaciers bien évidentes (§ 583). Ce sont des moraines en face du glacier de la Neuva, et des blocs erratiques qui s'élèvent jusqu'à 330 mètres environ au-dessus du chalet de la Folie, sur la rive droite de la vallée, soit à environ 1800 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les pentes des montagnes sont si rapides dans les parties supérieures que les blocs n'ont pu se maintenir à une grande élévation.

La **Crétaz de Saleinez** est une magnifique moraine dont je donnerai la description (§ 584). Elle contient un bloc de 122 400 pieds cubes et sa formation eut lieu après le retrait du glacier qui occupait la partie supérieure du val Ferret, postérieurement au dépôt des moraines de **Plein-y-bœuf**.

§ 88. — Cette dernière localité est des plus remarquables. Elle avait attiré l'attention du chanoine Murith qui en parla à de Saussure[1]. Depuis lors, elle a été dé-

[1] *Voyages*, § 1022.

crite par de Charpentier [1], et je la visitai avec lui en 1846. On appelle Plan-y-beu ou Plein-y-bœuf l'angle de la montagne au S. d'Orsières à la jonction de la vallée d'Entremont et du val Ferret. Cette montagne est formée de schistes argileux et de cipolins variés, rubanés, etc. A une demi-heure au-dessus d'Orsières, on commence à rencontrer des blocs erratiques; mais la plus grande quantité se trouve dans les environs des chalets, et jusqu'à 100 mètres environ au-dessus. D'après une mesure barométrique de M. Baup, les chalets sont à 1680 mètres au-dessus du niveau de la mer; sur la carte fédérale, ils sont cotés à 1666 mètres, ce qui leur donne une élévation de 784 mètres au-dessus d'Orsières et de 520 mètres au-dessus du village de Praz de Fort, placé à la partie inférieure de la Crétaz de Saleinoz. Les blocs étant 100 mètres plus haut, atteignent 620 mètres au-dessus de Praz de Fort et environ 1800 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire l'élévation des blocs voisins de la Folie (§ 87). M. de Charpentier nous dit que ces masses erratiques sont placées à 2700 pieds au-dessus du niveau de la vallée; il est probable qu'il a pris Orsières (à 882 mètres) comme point de repère, et de cette manière on retrouve à peu près le niveau de 1800 mètres que je viens d'indiquer.

Les blocs de Plein-y-bœuf, la plupart de protogine, sont arrangés de manière à former sept ou huit moraines placées au-dessus les unes des autres parallèlement à la vallée. Ils proviennent de la chaîne du Mont-Blanc située à trois ou quatre kilomètres en ligne droite, mais ils en sont séparés par une vallée dont le fond est à 620 mètres environ au-dessous d'eux, et ces blocs ont dû évidemment franchir

[1] *Essai*, 143.

cette dépression. La position singulière de ces masses erratiques a grandement contribué à me faire adopter la théorie de l'ancienne extension des glaciers dans un temps où elle était encore discutée. Elle est, en effet, la seule qui puisse expliquer le transport des masses granitiques de Plein-y-bœuf.

Les deux ou trois moraines supérieures de cet endroit sont formées d'un schiste talqueux semblable à celui qui se voit près du Col-Fenêtre, et c'est bien la position relative que doivent prendre des moraines dont les unes sont composées de roches venant du Mont-Blanc et les autres de roches transportées des environs du St-Bernard et de la Pointe de Dronaz. Les moraines de protogine de Plein-y-bœuf paraissent être la prolongation éloignée à un niveau différent de la Crétaz de Saleinoz ; mais le dépôt de Plein-y-bœuf s'est fait pendant la grande extension des glaciers, tandis que la Crétaz n'a été formée que beaucoup plus tard, et même, d'après la tradition, son antiquité serait peu reculée. L'un des plus gros blocs de Plein-y-bœuf, connu sous le nom de Pierre-du-trésor, est divisé en deux parties : l'une de 9 pieds de longueur, l'autre de 27, sur 30 de hauteur et 42 d'épaisseur. M. de Charpentier, qui a décrit les blocs de cette localité, lui donne un volume de 100 000 pieds cubes. On raconte relativement à cette pierre une histoire extraordinaire, que j'ai tout lieu de croire vraie[1].

De Plein-y-bœuf la vue sur la chaîne du Mont-Blanc est admirable. On a devant soi plusieurs grandes aiguilles, parmi lesquelles on distingue celle d'Orny (3278 mètres) ;

[1] Les habitants du voisinage firent voyager pendant deux ans un homme qui devait leur rapporter un chat noir que le diable dévorerait, tandis qu'ils s'empareraient du trésor placé sous la pierre. Durant ces deux années, le *sorcier* qui les dirigeait vécut à son aise chez eux, puis disparut.

plusieurs auteurs ont supposé que les blocs de protogine (§ 98) répandus dans la plaine en proviennent; mais il n'est pas vraisemblable que cette aiguille ait fourni un contingent de blocs plus considérable que ses voisines.

§ 89. — Au-dessus d'Orsières, à l'endroit nommé la **Li-blanche**, sur les flancs du mont Catogne, on voyait, il y a quelques années, un grand bloc erratique de protogine à plus de 1400 mètres d'élévation (§ 587).

§ 90. — Dans le gracieux petit vallon de **Champey**, à 1463 mètres, se trouve un lac qui est limité du côté du S. par une moraine d'ancien glacier; du côté du N. on compte deux autres de ces digues qui paraissent avoir été formées par le glacier de l'Arpettaz et qui sont certainement bien plus récentes que celles de Plein-y-bœuf.

§ 91. — La vallée d'**Entremont**, qui se réunit à celle de Ferret près d'Orsières, a fourni beaucoup de blocs erratiques. Ceux de protogine venant du Mont-Blanc par le val Ferret remontent jusque dans les environs de Liddes, où ils n'atteignent pas l'élévation qu'ils ont à Plein-y-bœuf. André de Gy, qui a remarqué les blocs dont nous parlons, est tellement embarrassé pour expliquer leur présence, qu'il arrive à l'idée que les vallées n'ont été creusées qu'après le transport des masses erratiques (§ 164).

Les énormes terrasses placées entre Orsières et Liddes ont une position très-frappante; elles renferment une quantité considérable de sable plus ou moins stratifié et paraissent avoir été déposées dans le moment où le glacier d'Entremont était notablement diminué, et où celui du val Ferret formait un barrage en aval de Liddes, de manière à produire une accumulation d'eau dans laquelle ces sables se sont disposés en couches; s'il en est ainsi, ils appartiennent aux alluvions glaciaires.

§ 92. — D'Orsières à Sembranchier, on remarque dans le lit de la Dranse une très-grande quantité de blocs erratiques; il est probable que beaucoup d'entre eux n'ont pas été déposés primitivement dans le fond de la vallée, mais qu'ils y sont arrivés par éboulement. D'après la nature des roches erratiques placées en aval de Sembranchier, parmi lesquelles on trouve beaucoup de blocs de schistes chloriteux verdâtres fort communs dans la vallée de Bagne, on peut être certain qu'une masse énorme de matériaux est sortie de cette vallée.

En 1818, le glacier de Gétroz, situé à environ 19 kilomètres de Sembranchier dans cette même vallée, forma une digue qui arrêta le cours de la Dranse. Les eaux créèrent un lac qui se vida avec une rapidité énorme lorsque la digue de glace vint à se rompre. Cette débâcle, qui fit de grands ravages dans la vallée, a souvent été invoquée comme ayant de l'analogie avec la prétendue grande débâcle qui, d'après certains auteurs, a dû transporter les blocs erratiques. Mais ce qu'on voit encore de cette inondation et les détails qui ont été donnés permettent de conclure : 1° que les eaux n'arrachèrent aucune roche au sol sur lequel le lac s'était établi; 2° qu'elles ne purent porter que des sables et des graviers en dehors du lit ordinaire de la Dranse, et que les blocs ne firent que rouler les uns sur les autres, bien qu'ils fussent entraînés par un courant très-violent [1].

[1] Voyez sur la débâcle de la vallée de Bagne, *Bibl. Univ.*, *Sc. et Arts*, 1822, XXI, 227; XXII, 58; XXV, 24. — De La Bèche, *Manuel*, 69. — *Ann. de Chimie et de Physique*, IX, 439. — *Ann. de Physique de Gilbert*, LXII, 108. — Bridel, *Mém. sur le glacier de Giétroz*. Vevey, 1818, 8°. — *Observations sur le glacier de Giétroz*, par le chan. Blanc. Lausanne, 1825. — *Réponse à M. Blanc*, par Venetz. Sion, 1825. — *Apologie des travaux*, par Venetz. Sion, 1825. — *Réflexions sur la réponse de M. Venetz*, par

§ 93. — Les blocs erratiques du **Mont Chemin** sont remarquables et nombreux à des niveaux inférieurs à 1450 mètres au-dessus de la mer, soit 975 au-dessus de Martigny. Il est probable que les glaciers réunis de Ferret, d'Entremont et de Bagne se joignaient au glacier du Rhône au-dessous de la Pointe de Vollège, contre laquelle s'étaient accumulés beaucoup de blocs qui ont roulé plus ou moins lors de la retraite des glaciers; leur limite supérieure me paraît être ici plus élevée que Charpentier ne l'avait indiqué, en la fixant à 2500 pieds au-dessus du Rhône[1].

Plus à l'E. sur la chaîne du Mont Chemin et vers le Pas du Lens non loin de Pierre-à-voir, les blocs erratiques s'élèvent au moins à 1700 mètres au-dessus du niveau de la mer (§ 589).

§ 94. — Ils sont également fort abondants dans les environs du **Col de la Forclaz,** à 1523 mètres. Je n'ai aucun doute que le glacier du Trient n'ait passé à cette hauteur; peut-être même s'est-il élevé davantage encore. De tous les environs de Martigny, le point le plus intéressant pour les blocs erratiques est le flanc de la **montagne de l'Arpille**[2], vis-à-vis du débouché de la vallée de la Dranse dans la grande vallée du Rhône, et en face du vallon de Champey. Peu de blocs se sont arrêtés dans les parties inférieures de cette petite chaîne, et je n'ai pas su en trouver près de la crête supérieure qui s'élève à 1838 et

M. Blanc. Lausanne, 1838. — Cité dans le *Bullet. Férussac,* X, 344. — *Sur le glacier de Giétroz*, par M. Venetz, *Actes helvétiques.* Lausanne, 1843, 100. — *Course à l'éboulement du glacier de Giétroz et au lac de Mauvoisin*, le 16 mai 1818, et *seconde course à la vallée de Bagne* le 21 juin 1818. 2 broch. 8°, à Vevey, chez Lœrtscher et C°.

[1] Ce fleuve est à 462 mètres au-dessus du niveau de la mer près de Martigny.

[2] Cette montagne, placée à l'O. de Martigny, est limitée à l'O. par le Trient, et au S. par le chemin de la Forclaz.

à 2082 mètres (carte fédérale); mais dans une zone placée entre 1400 et 1600 mètres au-dessus de la mer de 925 à 1125 mètres au-dessus de Martigny), on rencontre un dépôt formé de plusieurs milliers de blocs erratiques, dont quelques-uns sont très-considérables et atteignent même le volume de 50 000 pieds cubes. De Martigny on les aperçoit facilement. Ce dépôt est certainement un des plus grands de la vallée du Rhône; je pense qu'il ne cède en rien pour les dimensions à celui de Monthey en Valais (§ 98) et à celui du Kirchet près de Meyringen[1]. On ne peut affirmer que les blocs qui le constituent proviennent de la vallée de la Dranse, car le glacier du Trient devait, comme celui de cette dernière vallée, s'écouler dans le Valais, et sa rive gauche longeait vraisemblablement les flancs de la montagne de l'Arpille. Mais qui peut dire si, à un certain moment, le glacier de Trient étant peu développé, celui de la Dranse ne s'est pas avancé jusqu'à l'Arpille en portant avec lui une énorme quantité de blocs et de débris?

§ 95. — Le Rhône, en descendant du haut Valais, se grossit de tous les affluents qui débouchent des vallées latérales, et les eaux mélangées de tous ces torrents reçoivent encore à Martigny celles de la Dranse, qui proviennent de trois grandes vallées. Il en était de même à l'époque glaciaire, au temps où les vallées étaient presque comblées par les glaces, le glacier du Rhône, en arrivant à Martigny, était la réunion de tous les glaciers qui débouchaient des vallées latérales. Là, il s'accroissait de tous ceux qui s'écoulaient par la vallée de la Dranse, et cet amas gigantesque de glace, qui s'élevait jusqu'à environ 1000 ou 1100 mètres au-dessus de Martigny, s'avançait par un mouvement

[1] Desor, *Nouvelles excursions*, etc., 1845, 208.

lent, mais régulier, dans la partie inférieure de la vallée du Rhône. Il était chargé d'une multitude de débris, parmi lesquels il y avait des blocs de 50 000 pieds cubes, et il les déposait sur les flancs des montagnes voisines, comme le font encore les glaciers actuels.

§ 96. — Quoique la vallée du Rhône **entre Martigny et le lac**, et surtout jusqu'à St-Maurice, ait des flancs très-rapides, on retrouve quelques traces de ces dépôts à de grandes hauteurs. C'est ainsi qu'à Allesses, sur la rive droite du Rhône, on voit une accumulation de terrain erratique à une élévation de 3000 pieds au-dessus du fleuve suivant de Charpentier, soit 974 mètres, c'est-à-dire à environ 1435 mètres au-dessus du niveau de la mer (§ 477).

D'après ce savant[1], la hauteur de la limite supérieure du terrain erratique entre Allesses et les environs de Morcles et de St-Maurice est partout la même, soit environ 1000 mètres au-dessus de la vallée et plus de 1400 mètres au-dessus de la mer. M. Desor a fait la même remarque[2]; cependant il a signalé, au-dessus du village de Morcles, des surfaces polies et striées à 1600 mètres, et il pense qu'elles ont été produites par le grand glacier du Rhône[3]. Je n'ai fait aucune observation exacte sur ce point. J'ai simplement constaté que, sur la rive opposée, le haut du plateau de Vérossaz qui domine St-Maurice, est occupé par une grande quantité de débris erratiques, composés de blocs, de sable et de gravier, atteignant un niveau bien supérieur à celui du village de Vérossaz qui est à 824 mètres au-dessus de la mer.

[1] *Essai*, 158.

[2] Phénomène erratique des Alpes. *Jahrbuch des Schweizer. Alpenclub*, 1864.

[3] *Bullet. Soc. de Neuchâtel*, 1855, III, 251.

§ 97. — **En aval du défilé de St-Maurice,** j'ai pu faire, avec M. de Charpentier lui-même, une observation sur le sujet qui nous occupe, et j'ai trouvé la limite supérieure des blocs erratiques aux Quaouves, à 1086 mètres au-dessus de la mer, soit à 686 mètres environ au-dessus du Rhône. M. de Charpentier fixe cette limite à 2300 pieds au-dessus de ce fleuve, ce qui fait 747 mètres, soit 1156 mètres au-dessus de la mer. Les Quaouves sont placés entre Monthey et Tréveneuse; les pentes y sont rapides, en sorte qu'un grand nombre de blocs ont vraisemblablement roulé dans la vallée.

§ 98. — Au-dessous des Quaouves et près du village de **Monthey,** on peut voir l'un des beaux amas de blocs erratiques granitiques de la Suisse (§ 328). Des milliers de pierres, dont quelques-unes sont énormes, occupent sur le flanc de la montagne, à 150 mètres au-dessus du niveau du Rhône, une zone dont la longueur est de $^3/_4$ de lieue et dont la largeur varie de 100 à 250 mètres environ. D'après la nature de la roche, qui est une vraie protogine, on peut croire que ces blocs proviennent des montagnes de la rive gauche du val Ferret, c'est-à-dire de la chaîne du Mont-Blanc. Quelques-uns ont de grandes dimensions; la Pierre des Marmettes atteint 60 480 pieds cubes, plusieurs ont de 20 000 à 50 000 pieds cubes, et un très-grand nombre de 8000 à 10 000 pieds cubes; d'autres, telles que la Pierre à Mourguets, la Pierre à Dzo, etc., sont fort remarquables. M. de Charpentier, qui les a décrites après J.-A. De Luc[1], nous dit : « Je ne crois pas commettre une exa-« gération en comptant la bande des blocs erratiques de « Monthey parmi les objets les plus curieux, les plus re-

[1] Mém. sur plusieurs espèces de roches éparses dans le bassin de Genève. *Mém. de la Soc. de Phys.*, 1830, V, 21.

« marquables et les plus instructifs que l'on puisse trouver « dans les Alpes[1]. »

L'aiguille d'Orny ou d'Ornex (§ 88) a été désignée par le chanoine Murith, en 1785, comme étant le point d'où s'étaient détachés les blocs erratiques granitiques de Plein-y-bœuf et d'une partie de la vallée du Rhône[2]. D'autres savants, tels que L. de Buch, avaient adopté cette manière de voir; mais il est évident que le revers oriental de l'Aiguille d'Argentière et le Mont Dolent ont également fourni des matériaux à ces dépôts lointains.

§ 99. — Aux environs du village de **Miex**, au-dessus de Vouvry dans une vallée latérale, j'ai trouvé la limite supérieure des blocs erratiques à environ 900 mètres au-dessus de la mer.

M. Venetz, à qui l'on doit les premiers développements de la théorie de la grande extension des glaciers, a publié en 1859 une note sur le terrain glaciaire de la vallée du Rhône quelque peu en amont du lac, dans laquelle il a développé des idées relatives à la succession de plusieurs périodes glaciaires; nous ne saurions les partager entièrement[3].

§ 100. — Ici nous arrivons au point où le glacier du Rhône, après s'être avancé dans la dépression du lac, rencontre ce qu'on appelle en général la **plaine suisse**. Avant d'étudier les dépôts laissés par ce grand glacier sur sa rive gauche, je veux tracer en quelques mots la limite du déve-

[1] Plus tard, d'autres savants se sont occupés de ces blocs. Voyez Guyot, Dispersion du terrain erratique. *Bullet. de la Soc. de Neuchâtel*, 1846, I, 9. — Lardy, *Actes de la Soc. helvét. des Sc. nat.*, 1841, 268.

[2] De Saussure, *Voyages*, § 1022.

[3] *Bullet. Soc. Vaud. des Sc. nat.*, 1859, VI, 129. — Il en est de même de son Mémoire posthume. *Mém. de la Soc. helvét. des Sc. nat.*, 1861, XVIII.

loppement qu'il a atteint sur sa rive droite et dans son centre. Ce tableau a été fait si souvent que je serai bref.

J'ai trouvé quelques blocs de poudingue de Valorsine au sommet du **Mont Cubli**, au-dessus de Montreux, à 1200 mètres au-dessus du niveau de la mer.

M. Blanchet a constaté la présence de blocs erratiques dans le vallon de l'Alliaz (1136 mètres d'altitude), sur le flanc du mont Playaux[1] ou des Pléiades dont le sommet (1360 mètres) présente encore des masses erratiques, au dire de M. Guyot.

Les eaux du **lac de Bret** au-dessus de Cully, sont retenues à 670 mètres par une moraine au-dessous de laquelle on en voit plusieurs autres. Ont-elles été formées par un glacier descendant des petites hauteurs qui dominent le lac de Bret, ou viennent-elles d'une branche du grand glacier du Rhône qui s'avançait dans cet étroit bassin? Il est difficile de le décider; quoi qu'il en soit, il est certain que ces moraines n'ont pu se former qu'après la plus grande extension des glaciers.

Sur les flancs du **Moléson**, les blocs erratiques s'élèvent, d'après M. Guyot, à 4000 pieds, soit 1297 mètres.

Au delà de cette montagne, la limite du glacier du Rhône s'abaisse en se joignant à celle du glacier de l'Aar, comme on peut le voir sur la carte de M. Escher. Elle passe près de Berne, de Burgdorf, et l'on croyait, d'après la carte de Charpentier, qu'elle ne s'étendait pas au delà de l'accumulation remarquable des blocs du Steinhof aux **environs de Soleure**, à 534 mètres au-dessus de la mer, mais M. Gressly a trouvé des blocs erratiques sur les sommets de la Wasserfallen et au Soltersschwand, col élevé entre le val de

[1] *Hist. nat. des environs de Vevey*, p. 7.

Court et celui de Goldenthal[1]. M. Lang en indique aussi à Attiswyl au N.-E. de Soleure, et plus loin encore dans la cluse de Ballstall. Il y a même, d'après ce savant, un bloc de 750 pieds cubes, placé à 800 pieds au-dessus de la vallée de la Dünneren à Herbetswyl, c'est-à-dire à un niveau d'environ 850 à 900 mètres[2] au-dessus de la mer. Il paraîtrait donc que le glacier du Rhône était encore très-puissant à cette énorme distance de sa source.

§ 101. — Les blocs du Steinhof sont très-considérables ; l'un d'eux m'a donné les mesures suivantes : 50 pieds de longueur, 30 de hauteur et 40 de largeur, c'est-à-dire un volume de 60 000 pieds cubes[3] (65 000 p. c. d'après M. Lang). Ils appartiennent aux roches valaisannes et sont formés de syénite, de schiste chloriteux et d'arkésine avec sphène. Cette dernière roche provient des bords du glacier de Ferpècle, dans la vallée d'Évolène en Valais (§ 86), et ces masses énormes ont dû parcourir un espace de 46 lieues pour arriver là où elles se trouvent maintenant; elles sont associées à des blocs de gault et de calcaire urgonien des Alpes avec des *Radiolites neocomiensis*.

§ 102. — Des environs de Soleure, où la limite supérieure du terrain erratique est près d'Herbetswyl à 900 mètres, comme je viens de le dire, elle suit les flancs du Jura, et passe au Chasseral à 2380 pieds au-dessus du lac de Genève, soit 1148 mètres au-dessus du niveau de la mer. Au Chaumont, près de **Neuchâtel**, cette limite est à 2600 pieds au-dessus du lac de Genève, soit à 1220 mètres

[1] Jura soleurois, *Mém. de la Soc. helvét. des Sc. nat.*, 1841, V, 321.

[2] Lang, *Geolog. Skizze der Umgebungen von Solothurn*. Soleure, 1863. *Archives*, 1864, XIX, 146.

[3] De Charpentier, *Essai*, 126. — Desor, *Bibl. Univ.*, 1840, XXX, 397. Lang, Mémoire cité.

au-dessus de la mer; le grand bloc nommé Pierre à Bot, qui n'a pas moins de 40 000 pieds cubes de volume (50 pieds de longueur sur 20 de largeur et 40 de hauteur), est placé au-dessus de la ville.

La limite supérieure des blocs du Jura paraît atteindre son point culminant au Chasseron : elle est à 3300 pieds au-dessus du lac de Genève (1446 mètres d'altitude). Non loin de là des blocs de toute espèce, entre autres des poudingues de Valorsine[1], ont franchi le col des Étroits, près de Ste-Croix à 1154 mètres au-dessus du niveau de la mer. En suivant son revers N. on descend dans le val de Travers où De Luc et d'autres ont signalé depuis longtemps une grande quantité de blocs de protogine.

Enfin dans la partie S.-O. du Jura suisse, à la Dole, la limite des blocs est à 2000 pieds (1025 mètres d'altitude). M. de Charpentier croyait que de là elle s'abaissait et atteignait la plaine près de **Gex**; mais M. Guyot a démontré qu'on rencontre encore au delà du Fort-de-l'Écluse[2] des blocs de roches valaisanes, à 2700 pieds au-dessus du niveau de la mer (877 mètres).

§ 103. — Toute **la plaine** comprise dans les limites dont je viens de tracer le pourtour, et qui se termine aux montagnes de la rive gauche du lac, dont je vais parler, a donc été couverte d'une immense quantité de terrain glaciaire. J'ai déjà donné quelques détails circonstanciés sur les environs de Genève (§ 47 et suiv.), et je ne puis me laisser entraîner à parler de tout le bassin erratique du Rhône. Je me contenterai de rappeler qu'une couche épaisse de glaise bleue, à cailloux striés recouvre à peu près toute la plaine, et que de nombreuses masses rocheuses plus ou

[1] *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, VI, 30.
[2] *Dispersion*, etc.

moins considérables, venant du Valais, sont parsemées sur le sol, des environs de Soleure jusqu'au delà du Mont de Sion, au S. de Genève. On serait tenté de croire à leur prédominance sur les rives du Léman; mais je pense qu'elles sont aussi abondantes dans l'intérieur des terres, seulement elles y demeurent enfouies, tandis que sur les rives du lac, elles sont mises à découvert par les vagues, qui emportent la glaise.

Tel est l'aspect général du terrain erratique de la plaine suisse auquel on ne peut assigner pour origine qu'un phénomène extraordinaire, c'est-à-dire une action dont on ne retrouve pas de traces dans d'autres périodes de l'histoire de la terre. Un trait saillant de la distribution de l'argile et des blocs de ce terrain consiste en ce qu'ils ont franchi les dépressions des lacs sans les avoir comblées. La Pierre à Bot, dont nous avons parlé, est un excellent type de ces pierres voyageuses, ainsi que la Pierre de Crans (près de Nyon), dont la longueur est de 73 pieds sur 20 de hauteur, et qui a attiré l'attention de de Saussure et de De Luc. Mais il ne faut pas considérer seulement les gros blocs, on doit fixer son attention sur les milliers et les milliers d'autres pierres alpines plus ou moins grandes qui font partie du même terrain et qui forment avec l'argile glaciaire une masse assez volumineuse, j'en suis convaincu, pour rehausser d'une manière notable les chaînes dont elle provient, si les différents éléments qui la composent étaient reportés dans les places qu'ils ont occupées jadis.

§ 104. — Je reviens maintenant à **la rive gauche du grand glacier du Rhône**, et je cherche à suivre la limite supérieure des blocs erratiques, du point où le glacier s'élargit en arrivant dans la partie supérieure du lac de Genève, jusqu'au delà de cette ville.

Nous rencontrons d'abord les montagnes placées au-dessus du Bouveret et de St-Gingolph, mais les pentes en sont si rapides que les blocs semblent n'avoir pu s'y reposer. Cependant il y en a un grand nombre qui ne s'élèvent pas très-haut dans la vallée du Creux de Novelle, au-dessus de ce dernier village.

M. de Charpentier nous dit que, près de la montagne de **Mémise**, la limite est à 2000 pieds au-dessus du lac, soit 1025 mètres au-dessus de la mer.

Je signalerai près de cet endroit une ancienne moraine de glacier à 1680 mètres d'élévation sur les flancs de la **Dent d'Oche** (§ 339). Sa position nous permet de croire que de prétendues neiges éternelles ont occupé le sommet de cette montagne, qui ne dépasse pourtant pas 2434 mètres. Mais cette moraine est sans rapport avec la limite supérieure du grand glacier qui près de là, sur la montagne de Bénant ou de Bonnaz entre Tholon et Bernex, est à l'élévation de 1280 mètres. C'est un peu au-dessous de ce niveau que commence la **colline d'Évian**, qui forme une grande digue dont M. Necker a parlé, et dont je me suis aussi occupé [1]. Cette colline va en s'abaissant des environs de Thollon jusqu'aux rives de la Dranse, près de Thonon, puis se confond avec la plaine. On y trouve fréquemment de beaux blocs erratiques, et sur certains points l'argile glaciaire atteint une épaisseur de quelques centaines de pieds. Cependant il ne faut pas croire qu'il en soit de même sur toute l'étendue de cette colline; le monticule de cargneule de Féterne dénote que des roches anciennes ont une grande part dans sa composition, ce qui est confirmé par son emplacement même, car elle est entre les roches si fortement

[1] *Considérations géol. sur le mont Salève.*

redressées de Meillerie et celles de la montagne d'Armone.

§ 105. — Sur la rive gauche de la Dranse, certaines terrasses que j'ai déjà signalées (§ 74) sont des traces laissées par l'ancien glacier du Rhône. Les cailloux striés et les blocs erratiques sont nombreux autour des **Allinges**, et la glaise glaciaire atteint le sommet du côteau de Boisy (§ 68).

Les débris erratiques de la vallée du Rhône remontent assez loin dans chacune des vallées qui viennent aboutir au cours inférieur de la Dranse, celles de Bernex, d'Abondance, du Biot, de Bellevaux et de Lullin. M. Guyot a trouvé leur limite supérieure à 4000 pieds, soit 1300 mètres au-dessus du niveau de la mer, sur les flancs de la Dent d'Oche dans le haut du vallon de **Bernex** où ils sont fort abondants, quoique celui-ci n'ait pas d'ouverture directe sur le bassin du Léman; cette mesure se rapproche beaucoup de celle que je viens d'indiquer à la montagne de Bénant.

Dans la **vallée d'Abondance** ce terrain d'argile et de blocs remonte jusque près du Villard, à demi-lieue au-dessus de Vacheresse et plus loin encore; car j'ai remarqué un bloc de gneiss près du hameau nommé Au Cercle, pas loin de N. D. d'Abondance. Sur les flancs du passage du Corbier au-dessus de Bonnevaux, j'ai trouvé des blocs granitiques à une élévation que j'estime être de 1200 mètres au-dessus de la mer, et j'ai observé un autre bloc à environ 170 mètres au-dessus de la Dranse, près des granges du pied de la Combe. En prenant pour niveau de la Dranse à cet endroit la hauteur du village de Vacheresse, soit 843 mètres, on trouve que ce bloc est à plus de 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

§ 106. — La **vallée du Biot** possède un terrain erratique qui lui est spécial et qui a été formé par le glacier de

la Dranse. Il n'est point granitique, mais composé de roches crétacées et nummulitiques détachées des hautes sommités des Dents Blanches, de Bossetan, etc. qui occupent le fond de la vallée. Une grande trace a été laissée par un glacier latéral à celui de la Dranse, qui, descendant du revers S. de la haute pointe de Grange et des montagnes voisines, a formé la moraine qui soutient les eaux du lac de Montriond (1050 à 1070 mètres). Au pont de l'Arbassière ou pont de la Lapiaz, un peu au-dessus de St-Jean d'Aulph, on remarque une belle roche polie, avec des stries horizontales. Dans le fond de la vallée, près de Morzine, les alluvions s'élèvent jusqu'à 60 mètres au-dessus de la Dranse et forment une terrasse composée de terrain glaciaire et de gravier qui a pris la dureté du béton. Toutefois le glacier du Rhône a laissé ici des traces de son passage; les blocs de protogine remontent jusqu'à St-Jean d'Aulph d'après De Luc, et même jusqu'à Morzine d'après Guyot; moi-même, j'en ai vu au Biot et au Pont de Gy.

§ 107. — Dans la **vallée de Bellevaux**, j'ai trouvé au-dessus du village de ce nom des blocs erratiques de protogine à 1050 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. On en rencontre encore à Lépulier et aux Conduits; je n'ai pu en apprécier la hauteur exacte. Cette vallée présente, comme celles qui sont voisines, un terrain erratique qui lui est propre. Il est en majeure partie formé de calcaire brèche, provenant du Roc d'Enfer; cette roche appartient au lias, comme on le verra, et des blocs de cette nature se voient au col des Mouilles, à environ 1200 mètres au-dessus de la mer. On trouve aussi quelques blocs du côté de Lullin, et un très-grand nombre dans les environs de Raivroz, parmi lesquels beaucoup sont crétacés et nummulitiques.

M. De Luc a décrit les blocs granitiques de cette dernière localité; il n'assigne aux masses erratiques les plus élevées qu'une hauteur de 1500 pieds au-dessus du lac, soit 861 mètres au-dessus de la mer, et M. Guyot leur donne une élévation de 4000 pieds, soit 1300 mètres au-dessus de la mer. J'ai aussi mesuré la hauteur du bloc qui est à côté de la **chapelle d'Armone**, et je l'ai trouvée de 1337 mètres. Cette grande pierre étant au sommet de la montagne nous indique que le glacier a atteint cette élévation, mais peut-être l'a-t-il dépassée.

§ 108. — Un peu à l'O. de ce point, la limite suit le flanc des **Fourches d'Habère**, qui s'élèvent à 1541 mètres; les blocs cependant ne semblent pas dépasser 1000 mètres d'après mon observation, et 1170 d'après M. Necker. C'est à peu près à ce dernier niveau que se trouvent sur les flancs de cette montagne, du côté du lac, deux moraines peu considérables, mais néanmoins reconnaissables. Les blocs de roches cristallines, secondaires et tertiaires, sont très-nombreux au col des Moises; au bas de la descente de ce passage, ils couvrent complétement le sol.

M. de Charpentier croyait que la limite supérieure des blocs atteignait la plaine près de Thonon (Essai, p. 158); mais des observations nouvelles ont montré qu'elle était fort élevée. M. Guyot pense toutefois que les blocs du Valais n'ont pas pénétré dans la vallée de **Bolge**, quoiqu'il indique lui-même des roches cristallines dans les environs du village de ce nom; mais il attribue leur transport au glacier de l'Arve. Cette opinion mérite une vérification, car je crois pouvoir assurer qu'il y a des roches valaisanes dans le haut de cette vallée.

§ 109. — On remarque un très-grand dépôt de blocs erratiques entre le village de Bons et le **passage de Saxel**,

à l'E. des Voirons. L'un des blocs de protogine les plus remarquables est nommé la Pierre à Guenin, il est au-dessus du village de Marclaz. Sa longueur est de 20 mètres, sa largeur de 7 mètres et sa hauteur de $4^m,50$; on juge difficilement de cette dernière, parce que la pierre est enfoncée dans le sol. Les blocs granitiques sont les plus nombreux dans ce dépôt; cependant les calcaires sont très-fréquents, mais comme ils sont exploités pour la fabrication de la chaux, ils disparaissent promptement.

§ 110. — Sur les **Voirons**, les blocs abondent au-dessus de la Tour de Langin, où ils s'élèvent à 960 mètres environ. Dans le milieu de la montagne, on en voit beaucoup aussi, ils sont associés aux blocs erratiques crétacés de la vallée de la Dranse. Les argiles erratiques s'élèvent jusqu'à 1000 mètres, et dans certaines parties de la montagne les blocs atteignent 1046 mètres. Par conséquent, sur ce point je ne suis pas d'accord avec M. Guyot, qui nous dit qu'aux Voirons du côté de Genève la limite des blocs descend rapidement. « La chaîne des Voirons est, dit-il, le grand « pilier angulaire au pied duquel sont venus se réunir, sans « se confondre, les flots de débris descendus par des routes « diverses des sommets du Mont-Rose et des cimes du « Mont-Blanc. »

Au bas des Voirons, du côté de Cranve et de Bonne, l'accumulation du limon glaciaire est considérable.

§ 111. — Dans la plaine, la limite des deux terrains erratiques des vallées du Rhône et de l'Arve n'est pas exactement tracée, et cela se conçoit : les deux glaciers, en luttant, ont dû en modifier la position. A la colline de **Monteux**, au débouché de la vallée de l'Arve, ainsi que sur l'extrémité septentrionale du Mont-Salève, on trouve des blocs d'arkésine, ou roche à sphène de M. de Buch ; qui

appartient aussi bien au bassin de l'Arve (§ 497) qu'à celui du Rhône. M. Guyot nous dit que la limite des deux glaciers atteint le pied N. du Salève, s'élève à mi-hauteur sur ses pentes septentrionales et passe au village du Châble. Il me semble plus juste de la tracer au sommet de la montagne et de regarder celle-ci comme ayant été une espèce de barrière entre les deux glaciers (§ 237).

§ 112. — M. Guyot constate encore que l'énorme accumulation de blocs du **sommet du Mont de Sion** appartient au terrain erratique de l'Arve, parce qu'on n'y trouve aucune trace de roches valaisanes (schiste chloriteux, serpentine, granite talqueux), et que ces dernières occupent une zone plus basse voisine de la grande route.

Les blocs erratiques du Valais sont encore déposés sur le **Vounche**, à une petite distance du sommet qui s'élève à 1129 mètres d'après les ingénieurs sardes, ou à 1049 mètres d'après M. le professeur Chaix.

§ 113. — Au delà du **Fort-de-l'Écluse**, M. Guyot a remarqué la présence de blocs à 870 mètres au-dessus du niveau de la mer; M. Benoit nous dit que, sur les flancs du Sorgia (Grand-Crédo), ils s'élèvent à 1000 mètres au-dessus de ce même niveau [1].

Plus loin, on voit qu'une grande partie du Petit-Crédo est formée d'une accumulation considérable de sables stratifiés, qui atteignent jusqu'à 600 mètres environ au-dessus du niveau de la mer [2]. M. Necker en avait été frappé [3], et il paraît embarrassé de savoir auquel de ses étages diluviens

[1] Les mémoires de M. Benoit, publiés dans le *Bullet. Soc. géol. de France*, 1858, XV, 315, et 1863, XX, 321, m'ont fourni de nombreux renseignements.

[2] Ils sont au-dessus du 4me puits du tunnel du Crédo (§ 42).

[3] *Études*, p. 269.

il doit les rapporter. M. Benoit les a également décrits. Quant à moi, j'ai toujours pensé que cette grande accumulation est le reste d'une alluvion glaciaire, formée dans une étendue d'eau plus ou moins considérable, resserrée entre le glacier du Rhône, celui de la Valserine et le Grand-Crédo.

§ 114. — Les blocs erratiques du glacier du Rhône ne vont guère plus loin que Châtillon-de-Michaille, au delà de Bellegarde; là, ils cessent, mais ils se montrent de nouveau dans les environs de **Nantua**, comme nous le dirons.

Il est évident que le glacier du Rhône ne s'est pas arrêté au Vouache et au Fort-de-l'Écluse, ainsi qu'on l'avait avancé. M. Benoit, qui dans différents mémoires s'est occupé du terrain erratique du Bugey, nous signale des blocs d'euphotide dans les **environs de Belley** et au delà. Cette roche est celle qui caractérise le mieux le terrain erratique valaisan. Le glacier du Rhône a donc franchi le défilé du Fort-de-l'Écluse et le Mont de Sion, en se joignant au glacier de l'Arve, il a suivi la vallée du Rhône, et il a envoyé différentes branches très-étendues dans les vallons de l'intérieur de cette partie méridionale du Jura. M. Benoit l'a démontré dans ses intéressantes descriptions. D'après lui, les matériaux erratiques alpins s'élèvent à 1200 mètres au-dessus du niveau de la mer sur les flancs du Grand-Colombier, montagne située au N. de Culoz, et les débris alpins se rencontrent en immense quantité aux environs de Belley. Sous ce rapport, le mont Parves présente l'aspect du mont Salève.

Une partie du terrain erratique, entraînée par une forte branche du glacier, a contourné le Grand-Colombier du côté du S. Elle est entrée dans le val Romey et s'est élevée à 1100 mètres au-dessus de la mer sur la colline d'Hétonne.

Elle a franchi le col du Val au delà de l'Abergement, à la hauteur de 1045 mètres, et elle est descendue sur le plateau de Poizat à 800 mètres. De là beaucoup de blocs sont arrivés sur les bords du lac de Silan et dans les environs de St-Germain et de Tacon.

Une autre branche du glacier a laissé une traînée de blocs alpins qui part des environs de Virieux-le-Grand au N. de Belley, passe par Thézillieu, Cormaranche, Hauteville et Lompnes; à Hauteville, elle atteint 900 mètres de hauteur absolue.

Des environs de Belley, le terrain glaciaire a encore contourné la montagne nommée le Molard Dedon, haute de 1219 mètres, sur les flancs de laquelle les blocs s'élèvent à 950 ou à 1000 mètres; il s'est répandu dans la vallée placée à l'O., et les blocs sont innombrables entre Inimond et Charvieux. C'est près de là que se trouve la Chartreuse des Portes, où les blocs erratiques atteignent 1000 mètres d'élévation.

§ 115. — Un peu plus à l'O. de Belley, le glacier a franchi avec ses masses erratiques la petite chaîne de 533 mètres d'élévation, qui est au-dessus de St-Benoit et de Groslée. D'après M. Benoit, la cluse du Rhône est trop sinueuse pour que beaucoup de blocs aient choisi ce passage, et c'est en suivant le revers occidental du Jura, que les glaciers ont déposé les blocs nombreux des environs de Sonclin, parmi lesquels il en est un composé de micacite de 8 à 10 mètres cubes, à 660 mètres d'élévation. M. Benoit a encore signalé, dans l'intérieur du Jura, des blocs alpins dans les environs de Valognat et de Leissart, à l'O. de Nantua, à 750 mètres d'élévation[1]. Il en a remarqué

[1] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1858, XVI, 118.

également aux environs de Hautecourt, village plus à l'Ouest.

Au delà du Jura les matériaux alpins se sont répandus dans la **plaine Dauphinoise**; ils ont atteint également une partie de la Bresse[1] et les environs de Lyon. On a beaucoup écrit sur le terrain erratique qui avoisine cette ville, mais il est trop éloigné du cadre auquel je me suis astreint, pour que je m'en occupe. Je renvoie, pour son étude, aux mémoires de MM. Benoit, Lory[2], Collomb[3], Gras[4], d'Archiac[5], Dumortier[6], Élie de Beaumont[7], Fournet[8], et de tant d'autres qui en ont parlé.

§ 116. — Nous pouvons résumer dans le tableau suivant **la position de la limite supérieure** du terrain erratique de la vallée du Rhône.

Du val Ferret au lac.

		Mètres au-dessus de la mer.
La Folie	§ 87	1800
Plein-y-bœuf	§ 88	1800
Champey	§ 90	1463
Mont Chemin	§ 93	1450
Pas du Lens	§ 93	1700
Forclaz	§ 94	1523
Arpille	§ 94	? 1600

[1] Necker fixe la limite à Notre-Dame-de-Brou, près Bourg. *Etudes*, 272.

[2] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1851, IX, 49; IX, 727, 732; — 1857, XV, 65.

[3] *Archives*, juin, 1852.

[4] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1859, XVI, 1028.

[5] *Hist. des progrès de la Géologie.*

[6] *Bullet. Soc. géolog.*, 1859, XVI, 1040.

[7] Révolutions du globe, *Ann. des Sc. nat.* L'auteur de la description du département de l'Ain, *Journal des Mines*, an IV, IV, 42, n° 23, croyait avoir reconnu les traces de la présence d'un lac au confluent du Rhône et de la Saône.

[8] *Géologie lyonnaise.*

		Mètres au-dessus de la mer.
Martigny	§ 95	1500 à 1600
Allesses (rive droite)	§ 96	1435
Quaouves	§ 97	1156
Niex	§ 99	900

Rive droite du glacier.

Mont Cubli	§ 100	1200
Playaux ou Pléiades	§ 100	? 1360
Moléson	§ 100	1297
Steinhof	§ 100	534

Jura.

Herbetswyl	§ 100, 102	900
Chasseral	§ 102	1148
Chaumont	§ 102	1220
Chasseron	§ 102	1446
La Dole	§ 102	1025
Au delà du Fort-de-l'Écluse	§ 102	877

Rive gauche du glacier.

Mémise	§ 104	1025
Bénant ou Bonnaz	§ 104	1280
Flancs de la Dent d'Oche	§ 104	1300

Vallées de la Dranse.

Environs de Vacheresse	§ 105	1013
Près Bonnevaux	§ 105	1200
Morzine	§ 106	? 968
Bellevaux	§ 107	1050

Suite de la rive gauche.

Chapelle d'Armone	§ 107	1337
Fourches d'Habère	§ 108	? 1000

		Mètres au-dessus de la mer.
Tour de Langin	§ 110	960
Voirons	§ 110	1046
La limite touche au glacier de l'Arve	§ 111	
Vouache	§ 112	1100

Au delà du Fort-de-l'Écluse et du Mont de Sion.

Grand Crédo, d'après M. Guyot	§ 113	870
Id. d'après M. Benoit	§ 113	1000
Colombier	§ 114	1200
Hétonne	§ 114	1100
Hauteville	§ 114	900
Molard Dedon	§ 114	1000
Chartreuse des Portes	§ 114	1000
Sonclin	§ 115	660
Leissart à l'O. de Nantua	§ 115	750

§ 117. — J'ajoute à ce tableau quelques points de repère qui indiqueront la **pente du sol** sur lequel reposait une portion du glacier du Rhône.

La vallée de Ferret est au pied de quelques-unes des aiguilles de la chaîne du Mont-Blanc, qui s'élève à 3900 mètres. Cette hauteur a donné une pente très-rapide aux parties supérieures du glacier.

Le col Ferret est à	2,500	mètres.
Martigny	475	»
Le lac de Genève	375	»
Le Rhône au Fort-de-l'Écluse	325	»
Le Rhône au-dessous du Colombier	243	»
Le Rhône sur le revers occidental du Jura près de Groslée	203	»

§ 118. — Les indications précédentes fournissent à peu près le niveau supérieur du terrain erratique du glacier du

Rhône, dans la région qui s'étend **du val Ferret aux plaines de la France** au delà du Bugey, sur une longueur d'environ 250 kilomètres, prise de la Folie dans le val Ferret à la Chartreuse des Portes, en passant par Belley. La Chartreuse n'est séparée de Sonclin où se trouvent encore des blocs que par une distance de 5 à 6 kilomètres en ligne droite. L'ensemble de ces niveaux qui indiquent la limite supérieure des blocs erratiques doit être assez exact, quoiqu'il y ait peut-être quelques erreurs provenant, soit de la manière dont les mesures ont été prises, soit de ce qu'on n'a pu trouver les blocs erratiques les plus élevés, soit enfin de ce qu'ils ont pu rouler vers le bas des montagnes.

Quoi qu'il en soit, en examinant ce tableau, nous voyons de la Folie jusqu'aux environs des Quaouves et de Miex, une pente de 600 à 800 mètres environ sur une longueur de 60 kilomètres, en admettant que la limite est à 1000 ou 1200 mètres aux environs de Miex (ce qui paraît probable, parce qu'en amont et en aval les hauteurs sont encore plus considérables). Mais on concevra que cette pente était en réalité bien plus grande, si on réfléchit à l'élévation que devaient atteindre les glaciers de la vallée de Ferret, qui descendaient de montagnes ayant 3900 mètres.

De la partie orientale du lac Léman, où la hauteur du terrain erratique est donnée par les trois niveaux suivants : 1000 mètres à Miex, ce qui est exceptionnellement bas; 1200 mètres au Mont-Cubli et 1025 mètres à la montagne de Mémise, sa limite supérieure reste à peu près horizontale sur une longueur de 180 kilomètres; car au Molard Dedon et à la Chartreuse des Portes elle est à 1000 mètres, et même près de là, au Colombier, elle est encore à 1200 mètres.

Du Molard Dedon, cette limite paraît descendre rapide-

ment; car à Sonclin elle est beaucoup plus basse, et dans les plaines de la France sur le revers occidental de cette partie du Jura, le sol ne présente aucune colline sur laquelle on puisse la voir; d'ailleurs, je n'ai pas à m'occuper de cette recherche.

Cette disposition de la limite supérieure du terrain erratique est un point important à considérer dans la théorie du grand phénomène qui l'a déterminée. Il est fort naturel, en effet, qu'un glacier ait eu une pente notable dans une vallée étroite, dont le sol est fortement incliné et dominé par des montagnes d'une grande hauteur. C'est ce qui a eu lieu du val Ferret jusqu'aux environs de St-Maurice et des Quaouves.

A partir de ce point, le glacier s'est trouvé dans un bassin dont les bords sont encore très-élevés, peut-être même étaient-ils plus hauts avant d'avoir été frottés par les puissantes masses de glace qui ont passé sur eux. Du côté N., le glacier du Rhône devait s'avancer dans le pays de collines situé entre les cantons de Vaud, de Neuchâtel et de Fribourg, et franchir dans les environs de **la Sarraz** et d'Oulens un passage qui avait 500 à 600 mètres d'élévation au-dessus de la mer, si on prend un espace un peu large. Du côté du S., une fort petite branche de l'immense glacier pouvait seule traverser l'étroit défilé du Fort-de-l'Écluse, tandis que la plus grande masse s'écoulait par-dessus le **Mont de Sion** dont l'élévation est de 650 mètres. Il est naturel que la glace, de même que l'eau dans un lac, ait pris, en refluant, une surface horizontale jusqu'à ce qu'elle se soit élevée au-dessus de ces deux passages. La grande masse de glace qui occupait le bassin du Léman était donc dans un état qu'on peut désigner sous le nom de *glacier lac*, et nous voyons, en effet, la limite supérieure du terrain er-

ratique rester à peu près horizontale sur une grande étendue, comme je l'ai dit.

Au delà du Mont de Sion et dans les environs de Belley, un col situé à 533 mètres entre St-Benoit et Groslée paraît également, suivant M. Benoit, avoir maintenu la glace à une grande élévation. C'est après avoir franchi ce dernier obstacle que le glacier du Rhône s'est déversé dans les plaines de la France.

CHAPITRE VII

TERRAIN ERRATIQUE DE LA VALLÉE DE L'ARVE

Partie supérieure de la vallée de Chamonix, § 119. — Argentière, moraine et terrasse, 120. — Moraine de la Mer de glace (les Tines), 121. — Chamonix, 122. — Montanvert, Jardin, Mont Lacha, 123. — Aiguilles Rouges et Brévent, 124. — Vallée de la Dioza, 125.
Vallée de Montjoie, 126. — Environs de Combloux, 127. — De Sallanches à Cluses, 128. — Rive droite de l'Arve, 129.
Vallée du Giffre, 130. — Environs de Saint-Jeoire, 131, 133. — Vallée de Boëge, 132. — Environs de Montoux, 134.
Vallée de l'Arve en aval de Cluses (Brezon), 135. — Le Môle, 136. — Vallée de la Borne, La Roche, Plaine des Rocailles, 137, 138, 139. — Rapilles de Cusy, le Chéran, 140. — Les Bornes, 141, 143. — Ezery, 142.
Mont de Sion, 144. — Tableau de la limite supérieure du terrain erratique, 145. — Pente de la vallée de l'Arve, 146. — Résumé, 147.

§ 119. — Plusieurs savants ont écrit sur le terrain erratique de la vallée de l'Arve. M. Charles Martins entre autres a su représenter en quelques pages[1] l'état de cette contrée lors de la grande extension des glaciers, et il a montré que ce phénomène a pu être la conséquence d'une petite modification dans la température moyenne de notre pays.

M. Milne Home s'est également occupé de la vallée de Chamonix, et nous parlerons de ce travail lorsque nous ex-

[1] De l'ancienne extension des glaciers de Chamounix depuis le Mont-Blanc jusqu'au Jura. *Revue des Deux-Mondes*, 1847, XVII, 919. — *Du Spitzberg au Sahara*, 1866, 241. — *Actes de la Soc. helvétique*, Genève, 1845, 86.

poserons les diverses théories relatives à l'ancien agrandissement des glaciers. Pour le moment tenons-nous-en aux faits et cherchons à réunir les observations d'autres naturalistes à celles que nous avons faites nous-mêmes.

En commençant par la partie supérieure et orientale de la vallée de Chamonix, nous indiquerons des blocs erratiques de protogine, à 50 mètres environ au-dessus des chalets de Balme, c'est-à-dire à 2036 mètres au-dessus de la mer, ces habitations étant à 1986 mètres d'après Berger. Je serais disposé à croire que les glaciers se sont élevés jusqu'au sommet de l'**Aiguille des Posettes**, soit à 2208 mètres, parce qu'il est couvert de surfaces polies et striées, et cette hauteur paraît la même que celle des roches moutonnées des Aiguilles Rouges. L'examen de ces niveaux appuie l'idée qu'à une certaine époque les glaciers de la partie supérieure de la vallée de Chamonix franchissaient le Col des Montets (1474 mètres), se joignaient au glacier du Buet, et en débouchant dans le Valais par le Trient[1], laissaient sur ce col (§ 532), dans les vallées de Valorsine et de Salvan, de nombreuses marques de leur passage.

On conçoit, en effet, que les glaciers des Bossons, de Tacconay, etc., qui se meuvent sur une pente très-forte et paraissent avoir fait remonter les glaces jusqu'à la grande élévation où elles ont laissé des traces sur les flancs du Brévent, aient pu, en s'associant à la Mer de glace, faire un barrage dans la vallée de Chamonix et forcer les glaciers situés en amont à refluer vers le Nord; ceux-ci à leur tour, en obstruant la vallée de Valorsine près de la Tête Noire, ont arrêté le glacier du Trient qui alors s'est écoulé par la Forclaz (§ 94).

[1] M. Chambers ne partage pas cette opinion, *Edinb. New. Phil. Journ.*, 1849, XLVI, 159.

§ 120. — A la jonction de la partie supérieure de la vallée de Chamonix et des Montets, un peu au-dessus du village d'**Argentière**, se trouve une grande moraine qui ferme presque la vallée. Son sommet est à environ 1400 mètres au-dessus de la mer près du village de Trélechan, et sa hauteur totale est de 106 mètres. Cette moraine, dont je parlerai (§ 513), a été formée sur la rive droite du glacier d'Argentière, dans un temps où il était plus grand qu'aujourd'hui, mais bien après l'époque où il s'élevait jusqu'aux Posettes. Peut-être est-elle de même âge que celle de Saleinoz dans le val Ferret.

En aval d'Argentière, on voit des terrasses de gravier qui s'étendent jusqu'aux Iles; sur l'une d'elles est bâti le hameau de Chosalet. Ces terrasses, de même que celles de la plaine, sont plus récentes que le terrain glaciaire; on peut conclure de leur présence que l'Arve coulait à une certaine époque à un niveau plus élevé que maintenant. L'ancien exhaussement du lit des rivières est un fait général qui se constate dans toutes les vallées alpines.

§ 121. — En partant du hameau des Iles, on marche sur la moraine de Lavanchi, qui supporte l'énorme Pierre Lisboli, de 15 mètres de longueur [1]. Cette moraine qui traverse la vallée, en étant coupée par l'Arve au **passage des Tines**, a eu pour origine des dépôts faits sur la rive droite du glacier des Bois, lorsque celui-ci avait une extension plus grande que maintenant; elle est peut-être contemporaine de la moraine d'Argentière et de celle de Saleinoz. Sa hauteur est de 580 pieds anglais d'après M. Milne Home [2], et l'Arve a comblé par ses transports, toute la partie de la

[1] Elle est située à 1291 mètres au-dessus de la mer, d'après M. Charles Martins. *Notes inédites.*

[2] On ancient glaciers, *Edinb. New. Phil. Journ.*, 1861, XIV, 46.

vallée qui est en amont, laquelle est à un niveau bien plus élevé que celle qui est en aval.

§ 122. — Dans la **plaine de Chamonix**, on remarque d'autres moraines anciennes. Sans parler de celles qui sont très-voisines des glaciers actuels, et qui ont été formées à diverses époques, nous signalerons les suivantes :

1° Celle qui se voit entre le hameau des Praz et le village de Chamonix.

2° A ce dernier village, celle qui s'étend jusqu'à la base du nant de Fouilly.

3° Dans les environs du glacier de Tacconay et du hameau de Montcuar, le nombre des blocs est considérable ; De Luc l'avait remarqué [1], et M. Ch. Martins [2] a signalé un bloc de 24 mètres de longueur sur 9 de largeur et 12 de hauteur. D'après ce savant, l'ancienne moraine en forme de terrasse, qui s'étend du glacier des Bossons à celui de Tacconay, est à 1200 mètres au-dessus du niveau de la mer [3]. Jusqu'au village des **Ouches** et sur le flanc des montagnes placées au delà, on trouve des traces de moraines et des blocs épars. Non loin de ce village et à côté du hameau de Grange sur le sentier de la Forclaz de St-Gervais, M. Martins a observé une singulière surface polie et striée [4]. Elle est composée de schiste argileux contenant des rognons de quartz; en aval de ces rognons, le schiste ayant été protégé forme des demi-cylindres laissant entre eux de profonds sillons, d'autant plus remarquables qu'ils ne sont pas dans le sens de la schistosité de la roche.

[1] *Mém. Soc. de Physique*, 1826, III, 186.

[2] *Revue des Deux-Mondes*, déjà cité.

[3] *Notes inédites.*

[4] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1845, III, 109. M. Milne Home, dans le travail déjà indiqué, a donné une espèce de plan de l'endroit où se trouve cette surface polie.

A l'époque de leur plus grande extension, les glaciers envahissaient toute la **vallée de Chamonix** au moins jusqu'à la limite supérieure des blocs erratiques. Cependant il y eut un moment où, tout en étant moins volumineux, ils furent plus étendus qu'ils ne le sont maintenant, et c'est à cette époque que M. Ch. Martins faisait allusion, lorsqu'il m'écrivait les lignes suivantes : « Du pavillon de « Bellevue, on se fait une juste idée de l'ancien glacier de « la vallée de Chamonix. Le glacier des Bois refoulé, venait « comme aujourd'hui se mettre dans l'axe de la vallée. Il « avait pour moraine latérale celle du Gréppon : les mo- « raines terminales étaient celles qui supportent le village « de Chamonix et celui des Pèlerins. Le glacier des Bos- « sons redescendait aussi la vallée et a laissé des blocs « depuis le hameau du Crêt de Montcuar jusqu'un peu au « delà du torrent du glacier de Tacconay. Ce dernier, « arrêté par celui des Bossons, ne descendait pas et restait « à 250 mètres au-dessus du fond de la vallée. La Mer de « glace occupait le flanc droit de la vallée; elle y a laissé « la moraine latérale des Ouches et les innombrables blocs « qui recouvrent la base de la montagne de Vaudagne sur « la rive gauche de l'Arve et ceux de la rive opposée. Il ne « faut pas s'étonner si la moraine de Chamonix et des « Pèlerins pour le glacier des Bois, celle de Montcuar pour « le glacier des Bossons, ne sont pas plus puissantes que « leurs moraines actuelles. Ces glaciers avaient alors, le « premier quatre kilomètres, le second un kilomètre de « plus qu'aujourd'hui, et on ne sait pas combien de temps « ils ont stationné à cette limite. Je pense, dit en terminant « M. Martins, que le glacier de Chamonix n'avait pas de « moraine médiane à cette époque. »

Telles sont les traces des anciens glaciers sur le fond de

la vallée de Chamonix. Recherchons maintenant celles qu'il a laissées à de plus grandes hauteurs.

§ 123. — Il est fort difficile de reconnaître, sur la chaîne du Mont-Blanc, si les blocs sont incontestablement erratiques, parce que la protogine se montre dans toutes les parties élevées, et qu'on peut supposer que les masses détachées sont arrivées avec des avalanches. Cependant au **Montanvert**, à 1935 mètres d'altitude, certains blocs épars sont bien réellement erratiques, et le poli des roches s'élève jusqu'à environ 2200 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans les régions plus élevées de la chaîne, la limite supérieure des roches polies est plus haute encore. M. Charles Martins, d'après ce qu'il a bien voulu m'écrire, l'a observée entre les Égralets et le Couvercle sur le chemin **du Jardin**, à 2458 mètres au-dessus de la mer; pour ma part, j'ai cru la reconnaître au niveau du sommet du Jardin, c'est-à-dire à 3000 mètres.

Sur les flancs du Prarion au-dessus des Ouches, les blocs erratiques s'élèvent au moins à 1866 mètres, et ce niveau est le même que celui qu'ils atteignent au **Mont Lacha** où ils sont à 1870 mètres [1].

§ 124. — Sur la rive droite de l'Arve et dans la haute chaîne des **Aiguilles Rouges**, des glaciers existent encore, en sorte qu'il n'est pas toujours aisé de distinguer les roches qui ont été polies par l'ancien glacier de l'Arve de celles qui le sont par des glaciers locaux. Au bas des ravins qui séparent les Aiguilles les unes des autres, on remarque de grandes accumulations de blocs et de vraies moraines, particulièrement au-dessus de l'auberge de la Flégère située à une hauteur absolue de 1806 mètres [2].

[1] Et non pas 1807, comme on l'a imprimé par erreur dans mon Explication de la carte de Savoie. *Archives*, 1862, XV.

[2] M. Milne Home croit que ces blocs sont situés de 2500 à 2700 pieds

Les roches polies, qui par leur position paraissent avoir eu pour origine l'action du glacier de l'Arve, ne s'élèvent pas au-dessus du chalet de Pliampra, au pied de la cime du Brévent, à 2080 mètres. Non loin de là, près du village de Merlet, M. Martins leur assigne une élévation de 1400 mètres seulement; je la crois trop faible.

Les environs de l'Arve à sa sortie de la vallée de Chamonix présentent de grandes étendues de roches polies et striées; tous les monticules du voisinage sont arrondis et offrent des traces évidentes de glaciers qui atteignent une grande hauteur; M. Ch. Martins en signale jusqu'à 593 mètres au-dessus de l'Arve dans la montagne de Coupeau, et moi-même j'en ai mesuré au moyen du baromètre à 1670 mètres au-dessus du niveau de la mer; cette altitude n'est pas surprenante, car nous avons vu au Prarion des blocs jusqu'à 1866 mètres.

Un peu plus en aval, les surfaces polies s'élèvent jusqu'à 758 mètres au-dessus du pont Pelissier, soit à 1375 mètres au-dessus de la mer. Les nombreuses marmites de géants, placées dans le cours de la rivière en amont des Montées, ne sont pas, comme on l'avait dit, des traces d'anciens glaciers, car elles sont creusées journellement par les eaux.

§ 125. — Près de Servoz, le glacier de l'Arve rencontrait celui de la Dioza descendant des Aiguilles Rouges, du Buet, etc., charriant sur sa rive droite des roches calcaires, et éloignant les glaciers de Chamonix et leurs roches cristallines des montagnes de la rive droite de l'Arve. Toutes les parois du débouché de la vallée de la Dioza sont polies et striées jusqu'à une grande hauteur. Dans l'intérieur de

anglais au-dessus de Chamonix, et il pense qu'ils ont été déposés par la Mer de glace. *Edinb. New. Phil. Journ.*, 1861, XIV, 48.

la vallée, près du chalet d'Arlevé, le poli ne s'élève pas au-dessus de 2084 mètres ; il est de 60 mètres environ plus bas sur la rive droite de la Dioza, aux environs de Moëde, et ces niveaux ont le plus grand rapport avec celui des roches polies de Pliampra, quoique les observations qui les établissent aient été faites à plusieurs années de distance.

§ 126. — Le glacier de l'Arve, en arrivant dans la plaine de Sallanches, se joignait à celui de la **vallée de Montjoie**, près de St-Gervais-les-bains. Ce dernier a laissé, à la suite de son développement, au Mont Jovet, près du Bon-Homme et au Plan-des-Dames, à l'élévation de 2055 mètres, des moraines bien caractérisées qui ont été fort joliment dessinées par M. Hogard, et autour desquelles M. Charles Martins a remarqué de belles roches moutonnées qui appartiennent à une époque plus récente que celle de la grande extension des glaciers.

En aval de ces localités, plusieurs moraines, déposées par la rive gauche du glacier de Trelatête, lorsqu'il était plus considérable que maintenant, traversent la vallée presque perpendiculairement à son axe, un peu au-dessus de Nant-Borant, et sont accompagnées de surfaces arrondies, moutonnées et striées.

Dans le voisinage de Contamines, j'ai fait peu d'observations sur le niveau des blocs erratiques ; ils sont abondants dans les parties basses de la vallée, et M. Ch. Martins m'a signalé un groupe assez considérable de blocs gneissiques, près du hameau de la Frasse. Sur la rive gauche du Bon-Nant, j'ai remarqué des blocs au-dessus de **St-Nicolas de Véroce**, à 1463 mètres. Ont-ils été déposés par le glacier de Montjoie? C'est douteux. — Peut-être que le glacier de **Bionnassay**, qui était un des grands affluents

de ce dernier, est arrivé jusqu'à cette hauteur. Mais on n'en a pas de preuves, quoiqu'il ait laissé des traces bien plus élevées que son niveau actuel. Elles consistent, d'après ce que M. Charles Martins a bien voulu me dire, en une grande et ancienne moraine postérieure à l'époque glaciaire, placée dans les bois de sapins entre le col de Voza et le chalet de Planay.

Le village de Bionnassay est construit sur la moraine latérale droite du glacier de ce nom; son extrémité se perd dans la gorge par laquelle on descend à St-Gervais, et l'ancienne moraine latérale gauche est moins marquée que la précédente, cependant les gros blocs quartzeux et gneissiques voisins des chalets de la Pierre en font partie.

On voit encore, d'après M. Martins, de gros blocs autour du village de Champel: à 200 pas de ce hameau, un monticule forme un arc de cercle se dirigeant vers le N.-N.-O. et figure une moraine terminale, couronnée par de très-gros blocs de schiste micacé d'un brun rougeâtre. Le village lui-même est à environ 200 mètres au-dessus du torrent. L'extrémité d'amont de la petite colline de Molat est polie, striée et parsemée de gros blocs de schiste gris. En face et au-dessus est le **glacier du Miage**, dont la moraine latérale gauche descend perpendiculairement à l'axe de la vallée.

J'ai déjà signalé des blocs erratiques à peu près au sommet du **Prarion**; ils sont nombreux sur les flancs de cette montagne, particulièrement dans le voisinage de Motivon, où ils atteignent 1440 mètres au-dessus de la mer; ce niveau est à peu près celui d'un dépôt diluvien considérable situé au-dessous du col de la Forclaz (1481 mètres).

§ 127. — Au débouché de la vallée de Montjoie dans celle de l'Arve, près du village de **Combloux**, au S. de

Sallanches et en face de l'étroite gorge de Servoz, le sol est jonché par des milliers de blocs erratiques de toutes les grandeurs. Ce dépôt qui a été signalé d'abord par J.-A. De Luc, puis décrit par M. Ch. Martins, est au moins aussi remarquable que celui de Monthey (§§ 98 et 328) ou que celui de l'Arpille (§ 94). Il est composé de blocs de protogine dont quelques-uns atteignent 20 mètres de longueur. Le plus grand nombre est placé dans une zone comprise entre 750[1] et 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer (688 mètres étant l'élévation de Combloux et 560 environ celle de la plaine). Mais quelques-uns de ces blocs s'élèvent plus haut; car ils ont franchi le col formé par la vallée de Mégève à 1110 mètres environ, et je pense même qu'ils ont atteint une limite plus élevée encore[2]. M. Ch. Martins a constaté la présence d'une moraine traversant la vallée à un kilomètre et demi au N.-E. de Mégève, au point de partage des eaux de l'Arve et de l'Isère; les blocs se sont répandus dans toute la vallée de Mégève, à Flumet, à Héri, etc. J'ai vu moi-même un bloc de protogine à environ 100 mètres au-dessus de N. D. de Bellecombe, située plus haut et plus au S. que Flumet. Il est donc probable que dans un temps le glacier de l'Arve a passé par la vallée de Mégève et qu'il a été en lutte avec celui de l'Isère.

[1] Le bord inférieur de cette moraine mesuré par M. Ch. Martins à la chapelle de San-Luis de Gonzague de Caches est à 766 mètres (*notes inédites*).

[2] M. Ch. Martins, dans des notes inédites qu'il a eu l'obligeance de me communiquer, trouve la limite supérieure des blocs à 1328 mètres, près du hameau de Coudraz, et même à 1503 mètres dans d'autres parties voisines du débouché de la vallée de Mégève dans celle de Sallanches. L'église de Mégève est, d'après lui, à 1125 mètres au-dessus de la mer. Ce même savant signale un marais placé entre Combloux et Sallanches; les eaux paraissent être retenues par une moraine, et probablement cet emplacement était occupé jadis par un lac morainique.

§ 128. — Mais revenons dans la vallée de l'Arve. — La Pierre à Mabert (894 mètres d'altitude[1]) à une petite distance de **Sallanches**, est un beau bloc divisé en trois parties qui forment ensemble une masse de 11 mètres de longueur, de $9^m,5$ de largeur et de 4 mètres de hauteur

En suivant la rive gauche de l'Arve, on rencontre au-dessus de St-Roch des blocs erratiques très-nombreux; ils s'élèvent assez haut, près de **Cordon**, et non loin de Blancheville dans un groupe de plus de 30 blocs, on en voit un de 8 mètres de hauteur. D'après M. Ch. Martins, les pierres errantes sont très-répandues dans cette région, elles dépassent le niveau de 400 mètres au-dessus de l'Arve dans les pentes du mont Ferrand; les escarpements du défilé de **Cluses** ne les ont point arrêtées; elles les ont franchis et se sont déposées au-dessus de quelques-uns d'entre eux M. Martins les a suivies jusqu'à 780 mètres d'élévation absolue, et il croit avec raison qu'elles remontent plus haut encore. J'en ai rencontré à 940 mètres près de Nancy, à 1300 mètres près de Romme et je ne suis pas certain que ce soit leur limite supérieure. Cette élévation indique une épaisseur minimum de 800 mètres de glace; le niveau de la vallée à Cluses étant à 495 mètres au-dessus de la mer.

§ 129. — Les blocs de roches cristallines paraissent, en amont de cette dernière ville, beaucoup plus rares sur la rive droite de l'Arve que sur la rive gauche; cela tient, sans doute, à la forme du terrain et à la présence du glacier de la Dioza, dont la rive droite ne charriait que des blocs calcaires. Cependant j'ai rencontré des blocs de protogine au-dessus du village d'**Arache**, à 1200 ou 1300 mètres d'élévation. M. Ch. Martins a également parlé de masses de

[1] *Notes inédites* de M. Ch. Martins.

cette nature, trouvées à la Frasse (et non pas la Frane) près d'Arache, à 1307 mètres [1], sur la montagne calcaire de la grotte de Balme. Ce niveau correspond exactement à celui que j'ai donné pour les environs de Romme, quoique les deux observations aient été faites dans des temps fort différents.

J'estime que l'altitude des blocs est d'environ 1200 mètres au-dessus du village de Lutz.

Le massif **des Fiz**, entre l'Arve et le Giffre, avait sans aucun doute des glaciers spéciaux. La présence de l'un d'eux est démontrée par la moraine qui soutient les eaux du lac Vernant, quelque peu au-dessus des chalets de ce nom, à 1837 mètres d'après M. Nicolet. Cet endroit n'est dominé que par les Grands Vents, dont je ne connais pas l'élévation exacte, mais qui n'atteignent pas la hauteur de la Pointe Pelouse, 2517 mètres. On doit donc admettre que les Grands Vents ont été occupés par les glaces dites éternelles, qui ont disparu maintenant.

Il est évident aussi qu'un grand glacier s'est formé dans la partie N.-O. des Déserts de Platet, et qu'il a été singulièrement comprimé, pour déboucher dans la vallée par l'étroit passage du lac de Flaine. J'ai été surpris de ne trouver aucun bloc erratique dans certains points de la rive droite de l'Arve, tels que les hauteurs de la Pellaz au-dessus de St-Sigismond; il est probable que la forme des montagnes voisines est la cause de cette absence.

§ 130. — Une partie de l'ancien **glacier du Giffre** se réunissait, sans aucun doute, à celui de l'Arve au-dessus du col peu élevé de Châtillon. Cette localité et celle de Rivière Enverse contiennent des blocs erratiques et une énorme

[1] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1848, VI, 165.

épaisseur de terrain glaciaire à cailloux striés. Le glacier du Giffre devait être considérable, car il provenait des montagnes de Sixt qui atteignent encore maintenant la limite des neiges éternelles et il n'a charrié que des blocs calcaires qui se distinguent mal des roches de même nature sur lesquelles ils reposent. Je n'ai pu trouver sa limite supérieure ; cependant, j'ai observé au Criou une belle moraine sur laquelle est bâtie la chapelle du Mont, à 972 mètres au-dessus du niveau de la mer. Un peu plus bas, on voit dans la colline du Montet une seconde moraine, et on en remarque une troisième sur la rive opposée du Giffre, au Rôts, près du sentier de Samoens au lac de Gers.

En face de cette dernière et de nouveau sur la rive droite du Giffre, une quatrième moraine, située sur la montagne des Souets au-dessus du hameau des Combes, est composée de blocs néocomiens reposant sur le calcaire urgonien ; sa direction est presque parallèle à celle de la vallée, et son élévation est d'environ 842 mètres au-dessus du niveau de la mer. Peut-être doit-elle son origine à la rive droite du glacier de la vallée du **Clévieux**, qui amenait avec ceux de Bossetan, d'Odaz et du Folly, les roches crétacées et nummulitiques qu'on trouve à l'état erratique dans la vallée, à Mieussy, au Rocher du Don, etc.

Le glacier du Giffre transportait également des roches de cette même nature, et soit qu'à différentes époques il ait en partie franchi le col de Châtillon, soit qu'il en ait été repoussé par le glacier de l'Arve, il s'est avancé vers **St-Jeoire**. M. le docteur Dufresne a remarqué dans les environs de cette petite ville un bloc erratique formé de jaspe de St-Gervais, ce qui nous porte à croire que le glacier de l'Arve est arrivé momentanément dans la vallée du Giffre.

§ 131. — Les blocs crétacés, nummulitiques et ceux de

grès de Taviglianaz associés aux blocs granitiques, remontent à environ 1000 ou 1100 mètres au-dessus du niveau de la mer, près du chalet des Brasses, sur la montagne des Neus ou **Château Cornu**, élevé de 1523 mètres.

Dans la combe d'Entreverges, j'ai vu de petits blocs de gault, de calcaire néocomien avec *Echinospatagus cordiformis* Breyn et un fragment de granit.

Ce même terrain erratique secondaire s'étend sur le **Mont Vouant**, et il indique que dans un temps le glacier du Giffre est arrivé jusque dans cette région. « Entre « Bonne et St-Jeoire, dit M. Guyot, les blocs erratiques « des Fiz prédominent. » Il ne faut pas oublier cependant que le glacier de la Dranse, joint à celui du Rhône, charriait des blocs crétacés et nummulitiques, et qu'ils ont passé par la vallée de Lullin, comme ceux de même nature associés aux masses granitiques que j'ai vus près d'Habère-Lullin.

§ 132. — Dans les environs du Villards, vallée de **Boëge**, l'argile glaciaire remplie de cailloux polis et striés appartenant aux roches des montagnes voisines, est très-épaisse. Cet amas a peut-être été formé par le glacier qui a charrié les blocs de la vallée de Bellevaux au travers du col des Mouilles (§ 107), et qui probablement est descendu le long de la rive gauche de la vallée de Boëge. Ce genre de dépôt est également puissant aux environs de Bogève.

§ 133. — Entre **La Tour** et Prévières on observe un monticule conique nommé le Pain de Sucre, entièrement formé de cailloux roulés calcaires et de sable stratifié sans roches de cristallisation dont le sommet s'élève à environ 650 mètres. Cette colline, qui repose sur le terrain glaciaire, appartient à l'alluvion des terrasses et indique en minimum la hauteur surprenante à laquelle s'élevait jadis

le fond de la vallée. Elle est le reste d'un terrain dont la plus grande partie a été enlevée, quoiqu'il y ait encore, à une petite distance, d'autres terrasses dont le niveau atteint presque celui de son sommet.

§ 134. — En se rapprochant de **Bonne** et de Montoux, la plaine et les flancs des montagnes sont recouverts par un épais manteau d'argile glaciaire à cailloux striés, renfermant des blocs erratiques variés. Ce dépôt est le commencement de celui de la Plaine, dont j'ai déjà parlé (§ 47 et suiv.).

Le lit de la **Menoge**, en amont et en aval de la route de Genève à Bonneville, présente de hautes falaises. Il est creusé dans la mollasse, à la surface de laquelle rien ne rappelle l'alluvion ancienne; mais la présence de blocs nombreux de la roche tertiaire indique qu'une action érosive s'est prolongée longtemps avant qu'elle fût recouverte. Le terrain glaciaire, composé d'argile tenace avec des bancs de graviers, des lits de cailloux et de blocs erratiques alignés horizontalement, a été déposé sur la mollasse.

C'est près de la petite ville de **Bonne**, non loin de la Menoge que s'est probablement opérée la jonction des glaciers de l'Arve, du Giffre et du Rhône.

§ 135. — Revenons maintenant à Cluses, pour suivre la rive gauche de l'Arve; nous pourrons nous rendre à l'entrée de la vallée du **Reposoir**, où M. De Luc a signalé avec raison une grande accumulation de blocs de protogine[1]. Elle n'atteint pas une hauteur considérable, et les montagnes qui la dominent sont très-abruptes. Plus loin, sur le chemin de Cluses au Mont Saxonet et près de l'église de

[1] *Mém. Soc. de Physique*, 1826, III, 182. M. Ch. Martins fait mention dans ses *Notes inédites* d'une moraine calcaire laissée par le glacier de la vallée du Reposoir devant la Chartreuse.

ce nom, M. Ch. Martins a indiqué des blocs de protogine à 1000 et à 1070 mètres, dont l'un a 15 mètres de longueur. Dans la combe de Chamoule, au-dessous de l'église dont je viens de parler, on remarque quelques blocs et beaucoup d'argile glaciaire à cailloux polis et striés.

Plus haut, près du pied des **Vergy** et sur la rive gauche de la combe de Biolan, j'ai observé des blocs erratiques urgoniens, reposant sur le macigno alpin; ils ont certainement été apportés par un des glaciers des Vergy. C'est près de là que se trouve sans doute la moraine calcaire dont M. Ch. Martins m'a fait connaître la présence, et qui est, dit-il, sur le revers du mont Frachet opposé à celui du Mont Saxonet.

En se dirigeant de là au N.-O. vers le sommet du **Brezon**, on peut constater l'altitude considérable à laquelle arrive la limite supérieure des blocs erratiques. M. Martins avait parlé d'une élévation de 640 mètres au-dessus de l'Arve[1], soit de 1086 mètres sur la mer[2]; mais j'ai trouvé deux blocs de vraie protogine non loin de la cime du Brezon; le plus grand a 3 mètres de longueur sur 2 de largeur et 1,40 d'épaisseur. On le nommait *Pierre à fruit;* mais il paraît qu'on lui a donné mon nom depuis que je m'en suis occupé (§ 357). Son niveau au-dessus de la mer est de 1665 mètres, soit de 1220 mètres au-dessus de Bonneville. Un peu plus bas, on remarque des amas notables d'argile glaciaire à cailloux striés.

Au lieu dit le Grand Praz, sur la rive droite du vallon qui descend de **Solaison** au village du Brezon, une moraine de blocs calcaires se détache du l'Eschaut et arrive dans des pentes trop rapides pour que les blocs aient pu

[1] *Revue des Deux-Mondes*, 1847, XVII, 938.
[2] Bonneville étant à 446 mètres.

s'y maintenir. Sa longueur est d'environ 1000 pas, et sa largeur de 300; l'élévation de sa partie supérieure n'atteint pas 1500 mètres d'altitude, si je ne me trompe. Elle a été déposée par un glacier qui descendait des montagnes calcaires sur lesquelles elle est située, et elle fait le pendant de celle qui, de l'autre côté des Granges de Solaison, est dirigée du côté de la vallée de la Borne (§ 137).

§ 136. — Après avoir reconnu les traces du phénomène erratique à une si grande élévation sur la rive gauche de l'Arve, il est intéressant de les rechercher sur la rive droite; nous y trouvons la montagne du **Môle** dont les flancs sont si rapides qu'ils n'ont pas conservé un grand nombre de masses erratiques, au moins dans leurs parties supérieures. Cependant M. Guyot a observé un bloc de protogine à 1527 mètres au-dessus de la mer en face du défilé de Cluses et au-dessus du chalet des Places où j'ai trouvé une grande quantité de beaux fossiles liasiques (§ 280).

Sur la partie occidentale du Môle les blocs granitiques ne s'élèvent pas à plus de 900 mètres au-dessus de la mer; ils se trouvent sur le plateau et rarement sur les pentes du côté de l'Arve, où ils ont probablement été recouverts par des éboulements. Dans les environs de Penouclaire et jusque près de Bonne, les blocs de roches cristallines sont associés à des blocs crétacés ou de grès de Taviglianaz, parce que dans cet espace le glacier du Giffre, qui longeait le Môle du côté de St-Jeoire, a été en lutte avec le glacier de l'Arve. Au bois des Buches, on a trouvé des blocs renfermant de beaux Crioceras, dont le gisement est à une petite distance, au passage du Réret.

§ 137. — Laissons maintenant la rive droite de l'Arve, et voyons l'aspect du terrain erratique en aval du Brezon. Nous rencontrons d'abord la vallée de la **Borne**, entou-

rée de hautes montagnes et qui a eu son glacier spécial; nous parlerons plus loin des superbes moraines des Confins, près de la Clusaz, situées au pied d'Aiguilles qui maintenant ne présentent plus de neiges éternelles (§ 396); mais à une époque antérieure à leur formation, le glacier de la Borne, qui était fort considérable, amenait avec lui une masse immense de matériaux appartenant aux terrains crétacés et nummulitiques. Il recevait sur sa rive droite le petit glacier de Solaison qui a laissé contre la montagne du l'Eschaut une moraine à la hauteur de 1500 mètres; il a poli et strié une belle surface au village de Préla, à une altitude de 1048 mètres, sur les flancs du Brezon; puis en débouchant dans la vallée de l'Arve et après avoir joint les débris qu'il charriait à ceux provenant des montagnes du Meiri et des Vergy transportés par la moraine latérale gauche du glacier de l'Arve, il les a répandus et a créé la **plaine des Rocailles** (440 mètres environ au-dessus de la mer).

Je tiens à donner quelques détails sur ces localités : en sortant de la vallée de la Borne, on trouve sur la rive gauche, au-dessus de St-Pierre de Rumilly et près du village de Crodoz une belle moraine haute d'environ 50 mètres, dont l'arête et les deux pentes sont bien marquées. Comme je l'ai indiqué sur ma carte géologique, elle prend peu à peu un énorme développement du côté du N.-O. en se dirigeant sur la petite ville de La Roche et en gardant toujours le caractère d'une moraine parsemée de gros blocs calcaires; la tour de cette ville est bâtie sur l'une de ces grandes masses erratiques. On n'a point parlé de la partie de cette moraine comprise entre La Roche et la rivière de la Borne, mais plusieurs savants ont décrit la portion qui est située plus au N.-O. De Saussure, il est vrai, n'en a rien

dit, et Necker a suivi son exemple; mais Albanis Beaumont, en 1806 [1], et De Luc, en 1837 [2], ont décrit ce phénomène erratique dont la beauté scientifique n'a pas d'égale. De Luc, qui avait visité cette région en 1801, a prouvé nettement que toutes les grandes et nombreuses masses calcaires qui y sont répandues étaient erratiques; il a établi, avec raison, qu'elles reposent sur la mollasse. Malheureusement il soutint dans un mémoire qu'elles avaient été entraînées par des courants, et plus malheureusement encore, pour en expliquer l'origine, il admit dans un autre travail « une force souterraine agissant de bas en haut, une explo- « sion de fluides intérieurs [3]. » Cette idée n'est pas acceptable, et celle des courants a été rejetée. De Luc, en publiant ses observations au moment où la théorie de l'extension des glaciers commençait à se faire jour, ne croyait pas qu'il faisait connaître une des localités où l'on puiserait les plus puissants arguments en faveur de la théorie de de Charpentier. M. Guyot, en 1846, et M. Ch. Martins, en 1847, ont aussi parlé de la plaine des Rocailles. Moi-même j'avais, en 1845, attiré l'attention de la Société helvétique sur cette localité remarquable [4]. J'eus le plaisir de la parcourir à cette époque avec Léopold de Buch. Ce savant crut au premier coup d'œil que les blocs calcaires étaient le prolongement de la couche des Voirons qui venait affleurer dans cet endroit; mais il abandonna sans peine cette opinion, et ne tarda pas à être persuadé que tous les blocs sont erratiques. On se souvient qu'il n'était pas toujours facile de parler de

[1] *Alpes grecques et Cottiennes*, 1806, 2me partie, II. 213.

[2] Mémoire sur les roches calcaires innombrables éparses dans les environs de La Roche, etc. Lu à la *Société de Physique et d'Hist. nat.* de Genève, 16 novembre 1837.

[3] *Actes Soc. helvétique*, Bâle, 1838, 195.

[4] *Actes Soc. helvétique*, Genève, 1845, 90.

ce sujet avec l'illustre Berlinois ; cependant, quand je l'eus conduit sur les points où il pouvait faire les observations les plus positives, il m'assura que je lui avais procuré la page la plus intéressante de son journal de l'année.

§ 138. — Après **La Roche**, la moraine calcaire va en s'élargissant considérablement et en s'abaissant sous forme de nappe. Elle dessine une espèce de courbe; cette immense traînée erratique qui présente une largeur de 3 kilomètres environ entre Pers et Porte, se développe sur une longueur de 16 kilomètres et traverse l'Arve; la dernière de ces masses pierreuses est placée sur la rive droite de cette rivière près Nangy, et supporte une maisonnette à laquelle on a donné le nom de Château de pierre.

Dans cet espace, il y a certainement plusieurs centaines de milliers de blocs calcaires dont quelques-uns sont gigantesques. Ils appartiennent presque tous au terrain urgonien ou néocomien; on y trouve des *Radiolites neocomiensis*, des *Caprotina ammonia*, des *Echinospatagus cordiformis* Brey, et des blocs de gault. Au lieu dit Findéri près Magny, on a recueilli de belles *Nerinea Renauxiana* et un très-grand nombre de jolis polypiers du terrain urgonien.

Ces blocs qui reposent sur l'argile glaciaire bleuâtre, à cailloux striés, constituent une sorte de couche ayant ordinairement de deux à cinq mètres d'épaisseur, mais qui est plus puissante là où sont les grandes accumulations de débris. On voit bien ici la jonction de la moraine superficielle du glacier formée par ces blocs, avec la moraine profonde composée de glaise. Cette réunion a eu lieu lorsque la glace en fondant a laissé tomber les blocs de sa surface supérieure sur la couche de boue placée en-dessous d'elle. Les blocs sont associés quelquefois dans les dépressions du sol à des sables plus ou moins stratifiés qui, occupant de petits

espaces horizontaux, épars au milieu des blocs, attestent qu'après le dépôt des masses calcaires, l'eau (peut-être celle de l'Arve) a circulé plus ou moins à la surface du sol, en nivelant certaines places peu étendues et en recouvrant quelques blocs avec les sables qu'elle charriait.

Il y a tant de blocs épars dans la plaine des Rocailles qu'ils empêchent parfois toute culture, et leur masse est tout aussi remarquable que leur nombre. Beaucoup s'élèvent à 10 ou même à 15 mètres au-dessus du sol; la Pierre à Bermire, près de Sentrier, n'a pas moins de 18 mètres de longueur, de 13 mètres de largeur et de 12 mètres de hauteur. Le bloc de la tour de Bellecombe et ceux qui l'environnent sont également très-volumineux. Le Châtelet, ancien manoir féodal, occupe avec sa cour un monticule erratique de 140 pas de longueur sur 110 de largeur. Ce monticule est-il formé d'un seul bloc ou de plusieurs, c'est ce que les décombres qui le recouvrent empêchent de constater. « De « la Tour du Châtelet, dit De Luc, on peut juger de la « vaste étendue de ce pays de rochers. On les voit s'élever « de partout au S.-O., à l'O., et surtout au N.-O. du côté « de Regnier, où ils forment des ondulations semblables à « d'énormes vagues avec leurs brisants. On croirait voir une « mer agitée, sur laquelle flotterait une multitude de mor- « ceaux de bois de différentes grosseurs et d'une grande « variété de formes anguleuses. Les fragments calcaires « sont hérissés d'aspérités et traversés de fentes nombreu- « ses. » Dans quelques endroits, on trouve de vraies moraines au milieu de cette espèce de chaos; la plus belle est celle de Saint-Ange.

§ 139. — La limite des masses calcaires est parfaitement tranchée, et souvent les plus considérables sont à l'extrême frontière de l'espace qu'elles occupent. Les blocs

de protogine se montrent excessivement nombreux, épars ou en moraine tout autour de la région des calcaires erratiques. Ils sont répandus dans la plaine à l'E., et sont plus nombreux encore à l'O. du côté des collines des Bornes, où ils se trouvent par milliers. Dans l'intérieur du district des blocs calcaires, on en compte un si petit nombre de granitiques qu'on ne peut être sûr qu'ils n'aient pas été apportés par les hommes. Cette supposition paraît moins extraordinaire, si on réfléchit que le dolmen appelé la **Pierre aux Fées**, situé dans cet espace, est construit de pierres évidemment transportées par des moyens artificiels, et qu'on ne trouve pas dans les blocs granitiques épars au milieu de la plaine des Rocailles, de masses aussi volumineuses que celles qui forment cet antique monument. L'une d'elles ne mesure pas moins d'un mètre d'épaisseur sur 5 et 4 dans les autres dimensions.

Je n'ai jamais entendu parler de traces d'anciens glaciers aussi belles que celles dont je viens de m'occuper. C'est le *Rumipamba* de la Savoie, car je me figure que la plaine des Rocailles doit être assez analogue à celle couverte de pierres qui s'étend à la base du Pichincha, pas loin de Quito dans l'Amérique méridionale, et qui a été décrite d'abord par Humboldt et ensuite par M. Wisse[1]. Le Rumipamba a été pris pour un éboulement, mais peut-être que les rangées de blocs parallèles qu'on y trouve dénotent une origine glaciaire.

§ 140. — M. Guyot a cru trouver, dans la plaine des **Rapilles de Cusy** près St-Offenge, entre Annecy et Aix-les-Bains, un autre terrain couvert de blocs erratiques[2]

[1] Humboldt, *Mélanges de Géologie*, 1, 45 et 111.
[2] *Bullet. Soc. d'Hist. nat. de Neuchâtel*, 1846, I, 9.

analogue à celui qui vient de nous occuper. J'ai examiné les Rapilles, et je n'ai su y voir que le résultat d'un grand éboulement.

Cette localité n'est pas éloignée de la belle caverne de Cusy et de la rivière du **Chéran**, qui l'une et l'autre ont attiré l'attention de de Saussure, d'Héricart de Thury, de Fourrier et de Dolomieu. D'après ce dernier savant, cette rivière, qui prend sa source dans des montagnes calcaires, roule, dans ses sables, de l'or, des cristaux de fer oxydulé, du feldspath, des grenats, des rubis et des hyacinthes (ces deux espèces minérales sont peut-être de petits cailloux de quartz coloré provenant des grès). A cette occasion, Dolomieu, dont l'imagination était parfois un peu vive, a été tenté d'adopter l'opinion de Lamanon qui avait parlé de volcans dans les Alpes, tant ces sables avaient de rapports à ses yeux avec ceux de certaines parties volcaniques de l'Auvergne[1]. Cependant De Luc[2] et de Saussure[3] avaient affirmé qu'il n'y a pas de traces de volcans dans les parties des Alpes qu'ils avaient visitées.

§ 141. — Mais laissons ces localités éloignées et revenons au terrain erratique transporté par l'ancien glacier de l'Arve. Comme je l'ai déjà dit, une partie se joignait probablement à celui du Rhône dans les environs de Montoux entre le Salève et les Voirons. Mais il est certain que le glacier de l'Arve a franchi les collines des **Bornes**, placées entre le mont Salève et les premières chaînes des Alpes. Ces collines s'élèvent jusqu'à 1164 mètres au-dessus

[1] *Journal des Mines*, 1806, XX, 408; *Annales des Sciences nat.*, 1re série, XXVIII, 344; *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1833, III, 229.

[2] *Lettres physiques et morales*, V, 400.

[3] *Voyages*, § 202, de Saussure annonce pourtant qu'il a trouvé deux échantillons de véritables laves sur les bords du lac et un troisième sur les bords de l'Arve. Table du vol. I, p. XXVI, note, édit. in-4°.

du niveau de la mer, et le point le plus bas, le partage des eaux voisin du Sapey, doit être un peu inférieur au niveau de ce village, qui a 894 mètres d'altitude. Des blocs erratiques de protogine sont parsemés en grand nombre sur ces hauteurs. M. Ch. Martins en a rencontré à 846 mètres dans les environs de la Chapelle d'Orange. Il n'est pas étonnant que le grand glacier de l'Arve ait recouvert l'ensemble de ces coteaux, car il a laissé des traces de son passage à 1300 mètres, au sommet du Salève, et c'est probablement par suite de tous les obstacles qui s'opposaient à sa marche, qu'il s'est élevé si haut contre le Môle et le Brezon. Il rencontrait, en effet, d'un côté le puissant glacier du Rhône, élevé de 1100 à 1200 mètres au-dessus de la mer, et de l'autre il devait franchir un col d'environ 850 mètres d'élévation.

§ 142. — M. De Luc nous a laissé quelques détails sur les blocs erratiques de la **colline d'Aizery**[1] au N.-O. de la plaine des Rocailles. Ils étaient excessivement nombreux naguère, mais depuis peu d'années ils sont exploités avec une incroyable activité. Ils appartiennent à deux variétés de protogine qui diffèrent par la grandeur de leurs cristaux. Quelques-uns de ces blocs sont d'un volume considérable, la Pierre du bois d'Yvres mesure 15^{m},50 de longueur sur une largeur moyenne de 5,50 et une hauteur de 4 mètres au moins; cette dernière mesure n'est pas très-positive, une partie du bloc étant enfouie dans la terre. Sur les hauteurs d'Évire, du Plot, d'Arbusigny, etc., les blocs sont moins voisins les uns des autres que sur le coteau d'Aizery, mais ils y sont nombreux cependant, et au pied des montagnes,

[1] *Mém. Soc. de Physiq. et d'Hist. nat.*, 1826, III, 179. *Actes Soc. helvétiq.* Genève, 1845, 252.

on en voit quelques-uns qui appartiennent à des roches secondaires.

Près du sommet des Bornes, au lieu dit le Pas du Cheval, un bloc de protogine porte deux empreintes qui ressemblent grossièrement à celles qui seraient laissées par un fer de cheval, quoique la forme en soit plus allongée. La tradition assure que cette marque a été faite par un cheval qui s'est réfugié sur cette pierre au moment du déluge. (!)

Je parlerai plus loin (§ 237) du beau bloc de la Faulaz, il y en a encore d'autres dans les environs, et je renvoye pour le terrain erratique du Salève au chapitre qui concerne cette montagne.

§ 143. — L'argile glaciaire à cailloux striés atteint une épaisseur considérable sur certains points des collines des Bornes, en particulier sur la rive droite du Foron d'Arbusigny, où elle a environ 30 mètres de puissance. Le long du Fier et de la Fillière, on voit de belles terrasses alluviales d'une formation plus moderne que l'époque du transport des blocs.

Le glacier de l'Arve, auquel la vallée du Rhône près de Genève paraît avoir été en partie interdite, semble également s'être éloigné des rives du **lac d'Annecy** sous l'influence des glaciers qui sortaient des vallées de la Fillière et du Fier. Il est probable qu'une grande branche du glacier de l'Isère, arrivant par Faverges et se joignant à certains glaciers des Bauges et des environs de la Tournette, contribuait à repousser celui de l'Arve. En fait, les blocs erratiques granitiques ne se montrent guère au delà d'une ligne allant de Thorens à Cruseilles; au S. de cette ligne, j'en ai trouvé bien plus de calcaires que de granitiques. Cependant il y a tant de hasard dans les circonstances qui amènent à découvrir les blocs, que cette observation de-

mande une vérification. Mais, s'il en est ainsi, on comprendrait pourquoi le glacier de l'Arve s'est jeté du côté du **Mont de Sion**, où il a laissé une énorme quantité de débris (§ 112).

§ 144. — On remarque, en effet, des masses considérables d'argile et de graviers glaciaires près du sommet du passage de cette montagne, où elles s'élèvent à 750 mètres au moins. Plus à l'O., du côté du village de Vers, les blocs de protogine, qui sont en grande quantité, appartiennent à la vallée de l'Arve d'après M. Guyot. De Luc, qui les a décrits, est surpris de leur abondance. « J'en comptais, « dit-il, plus de 200 autour de moi, *sans compter deux fois « les mêmes.* »

Les masses erratiques de la vallée de l'Arve sont encore nombreuses sur le revers méridional du Mont de Sion, du côté de Frangy. Dans cette région, je ne sache pas qu'on ait essayé de distinguer leur distribution de celle des blocs de la vallée du Rhône. Il me paraît probable que les glaciers réunis du Rhône, de l'Arve et peut-être de l'Isère (en donnant ce nom au glacier principal qui a suivi la vallée du lac d'Annecy) s'avançaient ensemble vers le Bugey, pour y laisser les dépôts dont j'ai déjà parlé.

§ 145. — Si nous récapitulons les hauteurs des différentes localités où nous avons observé la **limite supérieure des blocs erratiques** de la vallée de l'Arve, en tenant compte des grands affluents de cette vallée, nous aurons le tableau suivant :

Vallée de Chamonix.

		Mètres au-dessus de la mer.
Aux chalets de Balme	§ 119	2036
Posettes	§ 119	? 2208
Aiguilles Rouges au-dessus des Montets	§ 119	? 2208
Jardin	§ 123	3000
Montanvert	§ 123	2200
Flégère	§ 124	1900
Pliampra	§ 124	2080
Mont Lacha	§ 123	1870
Prarion	§ 123	1866
Coupeau	§ 124	1670
Pont Pélissier	§ 124	1378

Vallée de la Dioza.

Au-dessus d'Arlevé	§ 125	2084
Aux environs de Moëde	§ 125	2024

Vallée de Montjoie.

Au Plan des Dames	§ 126	2055
St-Nicolas de Véroce	§ 126	1463
Motivon	§ 126	? 1440
Dépôt diluvien du nant des Fées, un peu au-dessous du col de la Forclaz	§ 126	? 1420

Suite de la vallée de l'Arve.

Mégève	§ 127	1120
Au Lutz (rive droite)	§ 129	1200
Arache id.	§ 129	1200 à 1300
La Frasse id.	§ 129	1307
Romme (rive gauche) près de Cluses	§ 128	1300

Vallée du Giffre.

Le Mont (entre Sixt et Samoens)	§ 130	972
Souets	§ 130	842
Brasses (Château Cornu)	§ 131	? 1000

Suite de la vallée de l'Arve.

		Mètres au-dessus de la mer.
Brezon (rive gauche)	§ 135	1665
Môle (rive droite)	§ 136	1527
Salève	§ 237	1304

§ 146. — Les hauteurs suivantes indiqueront la **pente du fond des diverses vallées**, dont il est question dans le tableau précédent.

Vallée de l'Arve.

	Mètres au-dessus de la mer.
Col de Balme	2228
Le Tour	1481
Argentière	1273
Chamonix	1050
Servoz	800

Vallée de la Dioza.

Col Bérard	2471
Servoz	800

Vallée de Montjoie.

Col du Bonhomme, première croix près du Tovasset	2331
Nant Bourant	1390
Les Contamines	1175
Bonay	940
St-Gervais les bains	630

Suite de la vallée de l'Arve.

Sallanches	545
Cluses	495

Vallée du Giffre.

Sixt	745
Samoens	700

	Mètres au-dessus de la mer.
Taninge	645
St-Jeoire	576
Marignier	490

Suite de la vallée de l'Arve.

Bonneville	445
L'Arve à la frontière genevoise, près Sierne	392
L'Arve à sa jonction avec le Rhône	372

§ 147. — Les mesures contenues dans le premier des deux tableaux montrent que nous avons pu suivre les traces du glacier de l'Arve un peu plus haut que celles du glacier du val Ferret; cependant les deux résultats se rapprochent l'un de l'autre.

Dans la vallée de Chamonix, la limite supérieure du terrain erratique me paraît exactement tracée, excepté dans les environs de Merlet (§ 124), où elle est, évidemment, trop basse. Il y a un rapport étonnant entre les mesures prises sur les deux versants du Brévent, près d'Arlevé et de Pliampra (§ 125).

Le niveau de la limite supérieure est assez bien constant dans la vallée de Montjoie; mais à Mégève, nous n'avons pu le reconnaître, et je doute que les chiffres indiqués ci-dessus donnent très-exactement dans les autres parties de la vallée de l'Arve, parce que les blocs du Brezon, à 1665 mètres d'élévation, le dépassent notablement; en effet, si on tire une ligne de la limite supérieure du mont Lacha au sommet du Salève où se trouvent des blocs erratiques, on verra que ceux du Brezon sont au-dessus de cette ligne. Or, comme il n'est pas probable que le glacier ait eu un renflement près du Brezon, j'en conclus que nous ne connaissons pas exactement la limite atteinte par la glace, ou au Salève ou

au Mont Lacha ; cependant les indications précédentes présentent dans leur ensemble une idée nette de l'énorme expansion du glacier de l'Arve. Si les blocs placés à 1200 mètres sur les flancs du Colombier, au-dessus de Seyssel, appartiennent à ce glacier aussi bien qu'à celui du Rhône, on fera, au sujet du premier, la même remarque que pour le second, c'est-à-dire qu'il avait une pente très-faible sur une grande étendue de son cours, entre Cluses et le Colombier. De Cluses au Salève, le glacier semble avoir été presque horizontal, ce qui était probablement dû, comme je l'ai dit, aux obstacles que la masse de glace avait à franchir ; en sorte que le glacier de l'Arve, comme celui du Rhône, était sur un espace considérable à l'état de *glacier-lac*.

CHAPITRE VIII

TERRAIN ERRATIQUE DE LA VALLÉE DE L'ISÈRE

Dimensions de l'ancien glacier, § 148.—Les Chapelles, Villette, Hautecour. Naves, Beaufort, 149.—Le glacier se divise à Albertville. Environs d'Annecy et de Chambéry, 150. — Tableau de la limite supérieure du terrain erratique, 151.

§ 148. — Le terrain erratique de la vallée de l'Isère a été beaucoup moins étudié, dans la région supérieure du cours de cette rivière, que celui des deux grandes vallées dont nous venons de nous occuper. Je n'ai pas fait assez d'observations pour donner une idée même très-incomplète de sa limite supérieure; mais si on en juge par la disposition du pays, on peut comprendre que le glacier de l'Isère devait être considérable. En arrivant à Albertville, il servait d'écoulement aux glaces de toutes les montagnes comprises dans une courbe, allant du col de la Madelaine, entre la Tarentaise et la Maurienne, jusqu'au col Joli au fond de la vallée de Montjoie, en passant, par le col des Encombres, l'aiguille de Chavière, le mont Iseran, le Petit St-Bernard, le col de la Seigne et le Bon-Homme. Je ne puis citer que peu de localités où j'ai trouvé des blocs erratiques, et je ne saurais indiquer leur niveau, en sorte que cette étude est fort peu complète.

§ 149. — J'ai observé beaucoup de ces blocs dans la commune **des Chapelles**, pas loin d'Aime, sur la rive droite de l'Isère, en amont de Moutiers. Ils m'ont paru être

placés à environ 1000 mètres au-dessus de l'Isère, soit à 1600 mètres au-dessus de la mer.

Ils abondent à un niveau moins élevé sur les monticules de **Villette** par exemple. Aux alentours de Moutiers près de **Hautecour**, on en trouve à 1200 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. Plus en aval, on voit une moraine près du fond de la vallée, un peu en amont de **Petit-Cœur**, et sur la montagne, au N. de ce village entre Naves et la Fagière, les blocs accompagnés de surfaces polies et striées sont en grand nombre. Le terrain erratique s'élève ici à environ 100 mètres au-dessus de Grand-Naves; mais je n'ai pu trouver nulle part le niveau de ce village; il doit être à peu près le même que celui de Hautecour.

Le glacier de l'Isère recevait à **Albertville** celui de Beaufort; ils devaient cheminer ensemble du côté du Dauphiné, et ils ont apporté dans les plaines de ce pays, en se joignant au glacier de l'Arc, une immense quantité de débris erratiques. Je renvoie pour leur étude à l'excellent ouvrage de M. Lory qui a décrit l'œuvre des glaciers dans ce pays. Il me suffit de rappeler que les blocs erratiques de roches cristallines se trouvent, dans les environs de **Grenoble**, à 1200 mètres d'altitude [1].

§ 150. — Mais tout le glacier de l'Isère n'arrivait pas en Dauphiné, il se divisait près d'Albertville. Une première partie franchissait le col de Tamié, où l'on voit bon nombre de blocs erratiques, et une seconde partie passait à Ugine, où elle rencontrait une branche du glacier de l'Arve arrivant par Mégève, et les glaciers spéciaux de la vallée d'Héri. Après s'être réunis à ceux du mont Charvin et de la

[1] Lory, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1857, XV, 58 et 1863, XX, 377. *Descript. géologique du Dauphiné*, 666.

Tournette, ils cheminaient ensemble du côté du **lac d'Annecy**, dont ils traversaient la dépression peu profonde, et à cette occasion, je rappellerai que M. de Mortillet fait remonter l'origine de ce bassin à l'affouillement produit par ces glaciers [1]. J'exposerai plus tard les motifs qui m'empêchent de partager cette opinion.

Ce même savant nous dit que le terrain erratique a traversé le col de Leschaux, pour pénétrer dans les Bauges. Ce col est à 500 mètres au-dessus du lac, qui est lui-même élevé de 444 mètres au-dessus de la mer, et M. Guyot nous assure que la limite supérieure du terrain erratique est à 1460 mètres le long des flancs du Semnoz. Sur la rive septentrionale du lac, j'ai trouvé des blocs et des cailloux striés dans les environs du col Rampon, à 1000 mètres d'élévation.

M. Guyot signale la présence de masses erratiques apportées par les glaciers du Rhône, de l'Arve et de l'Isère dans l'espèce de plaine située entre Annecy et le prolongement du Salève, ainsi que dans la vallée des Usses en aval du pont de la Caille. M. Ch. Martins croit que le Mont de Sion a été le point de jonction des trois glaciers [2]. Il y a déjà longtemps que j'ai soutenu l'idée « qu'on pourra « peut-être arriver à prouver que le Mont de Sion n'est que « le reste d'une moraine médiane située, dans des temps « fort reculés, entre les glaciers du Rhône et de l'Arve ré- « unis et le glacier de la Tarentaise [3]. » La roche qui, aux yeux de M. Guyot, caractérise le terrain erratique de l'Isère, est un granit porphyroïde blanchâtre, à grain moyen et égal, contenant de gros cristaux étroits et allongés; il est

[1] *Revue savoisienne*, nov. 1860, 90.
[2] *Revue des Deux-Mondes*, 1847, XVII, 9.
[3] *Considérations géologiques sur le mont Salève*, 1843.

probable que son gisement primitif est voisin de Beaufort ou de la Roche-Cevins, et ce granit se remarque à l'état erratique sur le revers méridional du Mont de Sion.

Nous connaissons déjà l'élévation atteinte par la glace sur les flancs du Colombier et dans les environs de Belley; il est probable que de là un rameau du glacier de l'Isère s'est avancé par Aix jusqu'à **Chambéry**; en effet, l'on trouve des blocs de roches cristallines à 1200 mètres d'élévation dans les environs de cette ville[1].

§ 151. — Les mesures peu nombreuses que nous avons de la hauteur atteinte par le **terrain erratique du bassin de l'Isère** se résument de la manière suivante :

Les Chapelles	§ 149	1600	mètres.
Hautecour	§ 149	1200	»
Grenoble	§ 149	1200	»
Semnoz	§ 150	1460	»
Colombier	§ 150	1200	»
Environs de Chambéry	§ 150	1200	»

Il est évident que, près de Hautecour, je n'ai su trouver la limite supérieure de ce terrain; la branche du glacier qui suivait la vallée de l'Isère dans sa longueur est arrivée dans les environs de Grenoble et a laissé des traces à 1200 mètres d'élévation; celle qui rejoignait le bassin du Rhône et de l'Arve atteignait la même hauteur dans les environs de Chambéry et du Colombier. La coïncidence de ces mesures et de celles que j'ai déjà données me paraît bien frappante.

[1] Chamousset, *Bull. Soc. géologique de Fr.*, 1844, I, 642.

CHAPITRE IX

TERRAIN ERRATIQUE DU VAL D'AOSTE

Etendue du glacier de cette vallée, § 152. — L'allée Blanche, 153. — Val d'Entrèves. Pré de Bar, 154. — Alluvion de Triolet, 155. — Val d'Aoste. Cramont, Comboë, Aoste, 156. — La Serra, 157.

§ 152. — Le terrain erratique du revers méridional des Alpes est développé sur une énorme échelle, mais comme il est tout à fait hors du champ d'étude que je me suis tracé, je ne m'arrêterai que quelques instants sur les effets produits par le gigantesque glacier, qui est descendu des hauteurs du Mont-Blanc, par le val d'Aoste, pour s'étendre dans la plaine du Piémont. Il avait pour affluents, sur sa rive droite, les glaciers du Petit St-Bernard et du Ruitor ou Riotour, du val Grisanche, du val de Rhêmes, du val Savaranche, de la vallée de Cogne, de Champorcier, etc., qui descendaient tous de montagnes fort élevées. Sur sa rive gauche, le glacier du val d'Aoste avait des affluents non moins remarquables, venant aussi de très-hautes montagnes : c'étaient les glaciers du Grand St-Bernard qui se joignaient à celui de Valpelline. Ils servaient d'écoulement, du côté du S., aux neiges accumulées sur une bonne partie de la grande chaîne méridionale du Valais. C'étaient encore les glaciers du val Tournanche, du val de Châtillon et de Gressonay, qui descendaient des hauteurs du mont Cervin et du Mont-Rose. On trouve rarement une ceinture de montagnes aussi hautes, et nous allons

avoir la preuve que bon nombre de sommets moins élevés ont aussi été recouverts par les neiges dites éternelles, lorsque leur niveau s'est abaissé de manière à former un glacier sur le Cramont, haut de 2778 mètres.

Tous ces glaciers réunis débouchaient dans la plaine, près de la ville d'Ivrée ; et nous trouverons là des preuves évidentes de la puissance gigantesque de la masse de glace qui a parcouru le val d'Aoste.

§ 153. — Je n'ai que peu d'observations sur tout ce bassin hydrographique, dont j'ai cependant parcouru la plus grande partie. Dans sa portion supérieure, on trouve l'**Allée Blanche** ou la Lay Blanche, dans laquelle les glaciers actuels règnent encore d'une manière trop puissante pour n'avoir pas effacé les traces laissées par leurs prédécesseurs. M. Colomb a donné une jolie coupe longitudinale de cette vallée[1]. Il ne l'a pas accompagnée d'explications ; l'exactitude n'en a pas été contestée, mais M. Hogard s'est élevé contre les conséquences qu'on semblait vouloir en déduire[2]. On trouve dans cette vallée beaucoup de moraines, celle du Miage est une des plus belles que l'on connaisse ; celle de la Brenva est également remarquable (§ 571).

M. Agassiz nous a dit quelques mots des moraines situées en aval du glacier de l'Allée Blanche[3] ; comme toutes celles du fond des vallées, elles sont plus récentes que la grande extension des glaciers. Il en est de même de celles des glaciers du mont Dolent, de Triolet, de Chapiou, de Neyron, dans le **val d'Entrèves**, et de la grande moraine de Prasec (§ 578). M. Agassiz estime que les surfaces polies et

[1] *Bull. Soc. géol. de France*, 1850, VIII, 72, pl. II.
[2] *Recherches sur les formations erratiques*, 1858, 111.
[3] Desor, *Nouvelles excursions et séjours dans les glaciers*, 1845, 212.

striées d'une grande partie des flancs granitiques du Mont-Blanc s'élèvent au-dessus du niveau du col Ferret, c'est-à-dire à plus de 2500 mètres d'altitude.

§ 154. — La colline voisine des chalets de **Pré de Bar**, qui est couverte de vrais blocs erratiques (car ils sont de protogine et reposent sur un terrain qui n'est pas de même nature), avait fait comprendre à de Saussure que le glacier du mont Dolent a été, de 200 pieds au moins, plus épais qu'il ne l'est aujourd'hui [1]; de là, à la théorie de l'extension des glaciers, il n'y avait qu'un pas. André de Gy, grand admirateur du célèbre savant de Genève, a été plus éloigné que lui de faire ce pas important, car il a soutenu que le transport des blocs de cette localité est dû à la grande débâcle.

§ 155. — La dernière fois que je passais dans le val d'Entrèves, je vis des débris amenés par le glacier de Triolet, dont la disposition faisait bien comprendre ce qui a pu se passer à une époque reculée. Ce glacier a formé jadis une moraine à une certaine distance de celle qu'il crée maintenant; par conséquent il y a deux moraines, et elles sont séparées par un espace parfaitement horizontal, rempli d'alluvion glaciaire charriée par les eaux et stratifiée. On voit donc l'association intime des dépôts glaciaires et des couches de sable.

§ 156. — Les grands glaciers réunis du val d'Entrèves et de l'Allée Blanche se sont élevés très-haut, mais je ne sais cependant si on peut regarder les blocs du mont Frèty, à 2180 mètres au-dessus de la mer, comme ayant été déposés par eux. Ces glaciers s'avançaient ensemble dans le val d'Aoste; il semble qu'ils ont passé sur le Mont Ché-

[1] *Voyages*, § 863.

tif (2338 mètres), tant les formes de cette montagne sont arrondies.

J'ai constaté la présence de deux moraines à 2230 mètres sur les flancs du **Cramont**, près de l'endroit où on laisse ordinairement les mulets lorsqu'on fait l'ascension de cette montagne. Par conséquent, sur le revers méridional des Alpes de même que sur le revers septentrional, on trouve des traces évidentes de glaciers secondaires qui ont complétement disparu. On en conclut que la limite des neiges éternelles a été plus basse dans un temps que maintenant; mais il n'est pas nécessaire qu'elle soit descendue de beaucoup pour qu'un glacier se soit établi sur la cime du Cramont, à 2778 mètres, de manière à produire des moraines à la hauteur indiquée. Sur le flanc de cette même montagne, j'ai observé au-dessous des chalets de la Brenva, près de Chanton, des blocs erratiques de la vallée de la Thuile, qui vraisemblablement proviennent du Ruitor puisqu'ils sont granitiques; ils s'élèvent à peu près jusqu'au niveau de 1800 mètres.

Des moraines appartenant à des glaciers secondaires se voient également dans les environs du chalet de Comboë à 2160 mètres, et à 2550 mètres près de celui d'Arbole, entre Aoste et Cogne. Elles ont été formées par des glaciers qui ne sont plus, et qui descendaient du Becco di Nona (3165 mètres) et du mont Émilius (3577 mètres[1]).

Il y a dans la partie basse de la vallée un très-grand nombre de roches polies et moutonnées, particulièrement en amont de la **ville d'Aoste** et de la colline nommée la Côte de Gargantua. M. le chanoine Carrel, qui a beaucoup parcouru le val d'Aoste, affirme que les blocs erratiques

[1] Mesures de M. le chanoine Carrel.

sont fort nombreux sur les flancs des montagnes dans toute l'étendue de la vallée. On peut consulter également une notice relative aux stries et aux moraines de glaciers rédigée par l'un des habitants de la contrée, M. le chanoine Gal [1].

§ 157. — Mais c'est au débouché de la vallée d'Aoste dans la plaine piémontaise, à la **colline de la Serra**, que la plus grande accumulation de blocs se présente sous forme de moraine. C'est sans contredit le fait le plus remarquable de tout ce grand terrain erratique. Cette colline avait déjà été visitée par de Saussure [2], qui attribuait son origine à un courant; Bertrand a également développé cette idée [3]; d'Aubuisson la nomme la Serre ou Serva [4], il pense que les terrains de transport s'élevaient jusqu'à son sommet et que la Doire, en creusant son lit, a laissé cette colline. Beaucoup plus tard, MM. Martins et Gastaldi, dans un travail très-remarquable, ont parlé du terrain erratique de la vallée de la Doire, des terrains superficiels de la grande vallée du Pô et les ont comparés à ceux de la Suisse; ils ont également décrit la Serra [5].

Cette grande digue est, je pense, la plus belle moraine ancienne que l'on connaisse; sa longueur est de 25 kilomètres, d'Andrate jusqu'au S. de Cavaglia [6], et sa plus grande élévation à Andrate est de 650 mètres environ au-dessus du niveau de la Doire; elle est entièrement formée de blocs. Sur la rive droite de la rivière une autre colline ou moraine

[1] *Bullet. Soc. géolog. de Fr.*, 1845, II, 728.

[2] *Voyages*, § 974.

[3] *Renouvellements des continents*, 1800, 82.

[4] *Journ. des mines*, 1811, XXIX, 263 et 345. Voyez aussi Studer, *Lehrbuch der physik. Geog.*, I, 237, où la Serra est décrite comme étant une moraine; et Guyot, *Bull. Soc. de Neuchâtel*, janvier 1847.

[5] Essai sur les terrains superficiels de la vallée du Pô, etc. Extrait dans les *Archives*, 1850, septembre.

[6] Voyez la carte des ingénieurs sardes où elle est figurée.

commence au village de Brosso et se termine à Strambinello. En avant de ces deux coteaux, dont le premier était la moraine latérale gauche du glacier de la Doire et l'autre celle de droite, il existe un cirque de collines qui s'étend jusqu'à Caluso et qui formait la moraine frontale du glacier.

Les limites et les contours du grand glacier de la Dora Baltea ou du val d'Aoste sont indiqués sur les cartes relatives à l'extension des glaciers du revers méridional des Alpes. Entre autres dans le travail de M. Zollikofer sur la géologie de la Lombardie[1] et dans les mémoires de M. de Mortillet et de M. G. Omboni (*Atti della Societa italiana di Scienze naturali in Milano*, 1860-1861, t. III). Le terrain erratique du revers méridional des Alpes[2] est aussi étendu et aussi considérable que celui du revers septentrional, mais nous n'avons pas à nous en occuper davantage.

Je suis persuadé que, lorsque la limite supérieure du terrain erratique du val d'Aoste sera mieux étudiée, on reconnaîtra que l'ancien glacier qui l'occupait avait une pente semblable à celle de la vallée.

[1] *Beitræge zur Geologie der Lombardei*, in-4°, publié à Vienne.

[2] Voyez les mémoires suivants : Venturi, *Memoria intorno ad alcuni fenomeni geologici*, Pavie, 1817. Par extrait dans Breislak, *Institutions géologiques*, II, 333. — De la Bèche, *Manuel géologique*, trad. franç., 220. — *Coupes et vues*, pl. 31, 32, 38. — Gastaldi, *Appunti sulla geologia del Piemonte*, Torino, 1853. — Dans le *Bullet. Soc. géolog. de Fr.*, Collégno, 1845, II, 284, et *Institut*, 1844, 107. Dans le même *Bullet.*, Leblanc, 1841, XIII, 125. — Martins, 1845, III, 102, 120. — Mortillet, 1859, XVI, 888. — Dans le *Bullet. de la Soc. d'hist. nat. de Neuchâtel*, Guyot, 1846, II, 23. — Desor, 1860, V, 241. — Dans les *Atti della Soc. ital. d. Sc. nat.*, Paglia, 1860, II, 337. — Omboni, 20 nov. 1859, 28 avril 1861. — Pirona, 1860, II, 348. Dans le *Bull. Soc. Vaud. des Sc. nat.*, Zollikofer, 1857, V, 264 ; 1853, III, 214 ; 1854, IV, 72. — Dans le *Giornale dell' Institut. Lombardo*, Curioni, 1851 ; Lombardini, VIII. — Ant. Manganotti, *Terreno alluviale antico della Provincia di Verona*, etc., Vérone, 1865.

CHAPITRE X

DES CAUSES ET DES EFFETS DE L'ANCIENNE EXTENSION DES GLACIERS

Introduction, § 158. — Théorie des courants. Les diluvianistes, de Saussure, les cavernes, 159. — L. de Buch, 160. — C. Escher, 161. — J.-A. De Luc, 162. — M. Elie de Beaumont, Hall, 163. — Opposition, Andre de Gy, Conybeare, 164.

Les glaciéristes : Perraudin, de Charpentier. Histoire de l'idée de l'ancienne extension des glaciers ; Venetz. Variation dans les glaciers. Agassiz, 165.

Théorie des glaces flottantes, 166.

Deux ordres de théories. Preuves de l'extension des glaciers. Certaines moraines, animaux, 167. — Changement de climat, 168. — Ses explications. M. Agassiz, 169. — De Charpentier, Kæmtz, 170. — M. Lecoq, 171. — M. de la Rive, 172. — M. Milne Home, 173. — M. Frankland, 174. — M. A. Escher de la Linth, 175. — Résumé, 176.

Deux époques glaciaires, 177. — Effets des glaciers, Persistance des lacs, 178. — Théorie de sir Ch. Lyell, 179. — Théorie de M. Tyndall, 180. — Théorie de M. Ramsay, 181. — Théorie de l'affouillement, 182. — Divers auteurs, 183. — Réfutation, 184, 185 et suiv.

Origine des lacs, 186. — Leur classification, leur liaison avec les montagnes. Lac d'Annecy. Lac de Genève, 187. — La forme du lac n'est pas en rapport avec la forme de l'ancien glacier. Alluvion ancienne, 188. — Le terrain glaciaire recouvre l'alluvion ancienne, 189 et 190. — La glace a pu descendre au fond des lacs, 191. — La courbe du lac et la courbe des montagnes, 192. — Renversement à la lisière des Alpes, 193. — Résumé, 194.

§ 158. — Il est peu de faits géologiques qui montrent aussi bien que les blocs erratiques, les tâtonnements auxquels est souvent réduit le naturaliste qui s'occupe de l'histoire de la terre. Il observe, dans les plaines de la Suisse et du Piémont, de grands blocs qui n'appartiennent pas au sol sur lequel ils reposent. Il se demande aussitôt : D'où viennent-ils, et comment sont-ils arrivés? A la première

de ces questions, l'examen de la nature de la pierre permet presque toujours de répondre en indiquant dans les montagnes peu éloignées le point où se retrouve la même roche, et la question est résolue. Mais pour la seconde, celle relative au mode de transport, les hommes les plus distingués en ont fait l'objet d'études sérieuses et ont écrit bon nombre de volumes, dans le but d'expliquer la manière dont les blocs ont été amenés ; ce n'est que depuis quelques années qu'on est à peu près fixé sur ce sujet.

On paraît maintenant d'accord sur l'idée que le transport des blocs est dû aux glaciers qui remplissaient toutes les vallées des Alpes. Mais avant de parler de cette théorie, et sans prétendre être complet sur ce sujet difficile et qui a donné lieu à tant de discussions, je dirai quelques mots des principales idées énoncées antérieurement.

Toute théorie qui concerne le terrain erratique se divise en deux parties très-distinctes. La première est relative à l'agent du transport des blocs : il faut savoir si cet agent a été la glace ou l'eau ; la glace a pu être à l'état de glacier ou de glace flottante, et l'eau, marine ou douce. Dans la seconde partie, la théorie doit expliquer l'origine de l'agent, soit celle des grands courants en supposant le transport par l'eau, soit l'origine des glaciers, ou celle d'une mer ou d'un lac sur lequel naviguaient les glaces flottantes, en admettant le transport par la glace. Les théories relatives à la distribution des blocs erratiques sont fort compliquées; mais on remarquera cependant que cette étude se simplifie en avançant, et qu'on a eu d'abord recours à des explications qui tenaient du merveilleux, tandis que maintenant le transport des blocs erratiques s'explique par les causes actuelles.

§ 159. — De Saussure pensait que l'agent qui les avait

amenés était une **grande débâcle**. Cet illustre savant avait cru en voir les traces dans tous les environs de Genève, dans le Jura, aux environs d'Ivrée, au Mont-Cenis, dans le Vivarais, etc.[1]; mais il s'arrête à une hypothèse bien autrement hasardée sur l'origine de cet agent. « Les eaux « de l'Océan, dit-il, dans lequel nos montagnes ont été for- « mées, couvraient encore une partie de ces montagnes « lorsque une violente secousse du globe ouvrit tout à coup « de grandes cavités, qui étaient vides auparavant, et causa « la rupture d'un grand nombre de rochers. Les eaux se por- « tèrent vers ces abîmes avec une violence extrême, etc.[2] ».

Déjà plus d'un siècle auparavant Leibnitz avait fait mention de ces grandes cavités ou **cavernes** de l'intérieur de la terre[3], et avant de Saussure, on trouve dans l'Histoire de l'Académie des Sciences pour 1716 (p. 14), à propos des travaux de M. Geoffroy sur l'origine des pierres, une espèce de théorie sur les grands creux de la terre qui ont été remplis par les mers. Beaucoup plus tard, le professeur Hoffmann de Gœttingue soutint la même thèse[4]; Guarin plaçait le dépôt des eaux vers le centre de la terre[5]; un des grands naturalistes du siècle dernier, Pallas, parlait aussi de cavernes assez étendues pour engloutir une partie de l'Océan[6], et Bertrand disait encore, en 1800, que le

[1] *Voyages*, § 213, 214, 215, 319, 352, 977, 1160, 1249, 1299, 1465, 1554, 1960.

[2] *Voyages*, § 210 (en 1779).

[3] *Protogea*, etc. Edit. de 1748, p. 11. Ouvrage publié en partie en 1693, en entier en 1749, traduction de M. Bertrand de Saint-Germain, 1859, p. 1[illegible].

[4] Dissertation présentée en 1753 et publiée en 1774. Voyez De Luc, *Lettres Physiques et Morales*, V, 487.

[5] Gervais de Laprise, *Accord du livre de la Genèse avec la géologie*, etc., 1803, p. 124.

[6] *Observations sur la formation des montagnes*, 1782, p. 78; la première édition est de 1779.

relief des Alpes avait été formé sous l'influence des eaux courantes, c'est-à-dire par l'action de la mer[1]. Mais cette idée de la retraite des eaux dans des cavernes fut combattue par de Maillet[2], par Schmidt d'après Struve[3] et par Grouner dans son Histoire naturelle de la Suisse[4].

Quoique De Luc connût les expériences de Maskelyne sur la densité de la terre, qui renversaient tous les systèmes dans lesquels on faisait de notre planète un globe creux, il soutint l'idée des cavernes à plusieurs étages, dans lesquelles les eaux se seraient retirées en laissant nos continents à sec[5].

Il faisait également concourir les cavités du globe à l'explication des tremblements de terre. « A mesure, dit-« il, que les cavernes se formaient, elles se remplissaient « de fluides expansibles divers, de sorte que durant les « affaissements des couches et l'engouffrement du liquide « jusqu'au fond des cavernes, ces fluides en sortaient avec « violence et chassaient devant eux les fragments des cou-« ches qui se trouvaient sur leur passage[6]. »

Il faut avouer que ces cavernes facilitaient singulièrement les théories. De Luc les appelle « une grande cause « dans les opérations anciennes du globe, à laquelle nous « sommes conduits, dit-il, par tout l'ensemble des phénomè-« nes dont plusieurs en particulier sont inexplicables sans « elle. »

On voit ici que ce n'est point aux théories que plusieurs

[1] *Renouvellements des continents*, an VIII, 183.
[2] Telliamed, etc., 1755, I, 280.
[3] *Abrégé de géologie*, 1819, p. 118, note.
[4] Neuchâtel, 1776, p. 17.
[5] *Lettres Physiques et Morales*, écrites en 1775, publiées en 1779, I, 366; — V, 486.
[6] *Lettres à Blumenbach*, 1798, p. 178 et 183. *Journal de Physique*, 1792, XL, 450.

naturalistes, qui ont un nom dans la science, doivent leur réputation. Ils ont suivi une méthode fort dangereuse en histoire naturelle: celle d'admettre des systèmes qui n'étaient point basés sur les phénomènes actuels, uniquement parce qu'il y avait une prétendue impossibilité d'expliquer autrement les faits dont ils essayaient de rendre compte. Cette prétendue impossibilité est toujours annulée par la marche de la science. Nous voyons donc que de Saussure, en publiant en 1779 les deux théories qui se complétaient, celle des courants et celle des cavernes, ne faisait que reproduire une idée qui avait des partisans nombreux et distingués dans le monde scientifique; maintenant elle est complétement abandonnée.

§ 160. — L. de Buch soutint avec force l'**hypothèse des courants.** On peut dire qu'il faisait voler les blocs par-dessus le lac de Genève; car il donnait à l'eau une vitesse de 19 460 pieds par seconde, qu'il réduisit plus tard à 354 pieds. Cette impulsion ne provenait point, selon lui, de la présence de cavernes, mais du soulèvement des montagnes[1].

§ 161. — D'autres savants pensaient que la vitesse des eaux causant des **débâcles** leur avait été imprimée par la rupture des digues en amont desquelles elles s'étaient accumulées en forme de lacs; C. Escher, par exemple, a soutenu que le Valais avait été un lac limité à sa partie inférieure par une montagne placée entre la Dent du Midi et la Dent de Morcle. Au moment de la rupture de cette grande digue, les eaux s'écoulèrent, d'après lui, avec une vitesse

[1] *Soc. des Sc. de Berlin*, 31 oct. 1811.— *Ann. de Chimie et Physiq.*, janvier 1818 et 1819, X, 241. — *Ann. der Physik. de Poggendorf*, 1827, IX, 575. Férussac, *Bullet.*, 1828, XIV, 5. Charpentier, *Essai*, 194.

de 175 pieds par seconde, etc.[1] Déjà en 1782, Lamanon avait eu recours à l'hypothèse d'un lac, pour expliquer la formation des dépôts de gypse du Valais[2]. Ces gypses sont maintenant regardés comme triasiques. L'idée d'une débâcle des lacs situés dans l'intérieur des chaînes de montagnes a été encore défendue par Necker[3].

§ 162. — J.-A. De Luc n'a pas énoncé de théorie bien nette au sujet du transport des blocs. « On se voit forcé, « dit-il, d'avoir recours à quelque cause inconnue qui a « déplacé momentanément les eaux de l'Océan, etc.[4] » Il a soutenu aussi que les blocs avaient été lancés à de grandes hauteurs[5], ou entraînés par des courants sortant de l'intérieur de la terre[6].

§ 163. — On a supposé encore que les courants qui ont transporté les blocs avaient eu pour origine une **fusion des neiges** et des glaces, produite en hiver et dans un hiver anormal, par des dégagements de gaz accompagnant des soulèvements de montagnes. Cette idée a été soutenue et développée à plusieurs reprises avec talent par M. Élie de Beaumont[7]. Ce savant appuyait une partie de son argumentation sur ce qu'il avait cru voir flotter des blocs calcaires à la surface de la débâcle de la Dent du Midi, du 26 août 1835[8]. Mais il est évident que ces rochers en

[1] *Actes Soc. helvétique des Sc. nat.*, 28 juin 1819; *Neue Alpina*, I, 1. *Bibl. Univers.*, Sciences et Arts, 1822, XXI, 259, et Charpentier, *Essai*, 201.

[2] *Journal de Physique*, XIX, 185.

[3] *Etudes géologiques*. — Férussac, *Bullet.*, 1824, I, 102.

[4] *Mém. de la Soc. de Physique et d'Hist. nat. de Genève*, 1826, III, 197.

[5] *Mém. Soc. de Physiq.*, 16 nov. 1837.

[6] *Actes Soc. helvétique*, Lausanne, 1843.

[7] *Ann. des Sc. nat.*, 1830, XIX, 239. — *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1845, II, 406; 1847, IV, 1334. — *Archives*, 1849, XI, 326.

[8] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1835, VII, 29.

mouvement étaient supportés par d'autres blocs ou par des graviers. Cette théorie avait de l'analogie avec celle de M. Collegno [1]. Les hypothèses de ces deux savants ont soulevé de vives discussions et ont été réfutées par MM. de Charpentier et Mousson [2]. Pour augmenter les courants provenant de la fusion des neiges opérée par un soulèvement, on a imaginé qu'ils s'étaient associés au déversement de lacs rapprochés de la chaîne centrale, tels que ceux d'Orta, d'Annecy, du Mont-Cenis, etc. [3]

Ces suppositions ont quelques rapports avec celle de James Hall [4], qui avait recours à une **vague diluvienne** appelée plus tard lame diluvienne [5] ou vague de translation [6]. Mais J. Hall plaçait cette catastrophe en été et M. Élie de Beaumont en hiver.

§ 164. — On voit donc que l'école dite des **diluvianistes** [7] semble avoir épuisé toutes les combinaisons pour découvrir dans la nature une force capable de transporter les blocs erratiques des sommets du Mont-Blanc à ceux du Salève et du Jura. Ce n'est pas la faiblesse des hypothèses relatives à l'origine des courants qui a fait abandonner ces théories; c'est l'impossibilité où l'on se trouve de comprendre comment les blocs ont pu, sans s'arrêter dans les vallées, les traverser pour se fixer près du sommet des

[1] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1845, II, 284. — *Ann. des Sc. géologiques*, 1843, et *Archives*, 1847, VI, 329.

[2] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1846, IV, 269.

[3] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1862, LV, 865.

[4] On the revolutions of the Earth surface, *Edinburgh Transactions*, VII, 59. La théorie de J. Hall est indiquée, *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1847, IV, 1371.

[5] Fournet, *Géologie lyonnaise*, 1861, p. 89 et 96.

[6] Whewell, On the wawe of translation in connexion with northern Drift. *Quart Journ. of the Geolog. Soc.*, 1847, III, 227.

[7] *Archives*, 1846, I, 217.

montagnes. Quelques savants, tels que André de Gy[1] et Conybeare[2], avaient compris cette difficulté, et ils supposèrent que les vallées n'avaient été creusées qu'après le transport des blocs erratiques.

§ 165. — Ces hypothèses étaient encore discutées longtemps après que l'école des **glaciéristes** ou glacialistes se fut formée sous la direction de de Charpentier. On sait l'origine de la théorie qu'elle soutient, elle a été souvent racontée[3]. Ce fut en 1815 que Perraudin, chasseur de chamois de la vallée de Bagne, suggéra à de Charpentier l'idée que les blocs erratiques avaient été transportés par les glaciers. Pendant les nombreuses années qui séparent ce moment de celui où ce savant illustre démontra la vérité de cette théorie[4], quelques personnes exposèrent une partie de ses idées, mais ne surent les faire admettre dans le monde savant. C'est à celui qui eut la persévérance de recueillir les observations, de les rédiger, d'en démontrer l'exactitude : c'est à l'homme qui pendant plusieurs années fit pénétrer la conviction dans l'esprit de ceux qui recevaient sa libérale hospitalité aux Devens près de Bex ; c'est à de Charpentier que doit revenir la plus large part de la gloire attachée à la découverte de cette grande vérité scientifique[5].

Il faut dire qu'il trouva l'esprit des naturalistes habile-

[1] *Théorie de la surface actuelle de la terre*, 1 vol. in-8°, 1806, p. 118.

[2] *Outlines of the Geology of England and Wales*, 1822.

[3] De la Rive, Discours d'ouverture à la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles à Genève, 1865. *Archives*, septembre 1865. — *Actes de la Société helvétique*, 1865.

[4] *Annales des Mines*, 1835, VIII, et *Essai sur les glaciers*, 1841.

[5] Voici quelques points de repères pour l'histoire de l'extension des glaciers :

En 1815, visite de Charpentier à Perraudin (Charpentier, *Essai*, 241).

1821, Venetz, Mémoire sur les variations de la température dans les

ment préparé par l'important travail de M. Venetz [1]. Dans ce mémoire, ce savant prouvait que les glaciers avaient varié dans leurs dimensions. Il démontrait qu'à une époque fort ancienne, ils avaient déposé des moraines très-distantes

Alpes, publié en 1833 dans les *Mém. de la Soc. helvétique des Sc. nat.*, I (Agassiz, *Etudes*, 12).

1829, Venetz parle à de Charpentier de l'idée de la grande extension des glaciers (Charpentier, *Essai*, 243).

1834, Mémoire de de Charpentier à la *Soc. helvétique réunie à Lucerne*, publié dans les *Ann. des Mines*, 1835, VIII.

1836, M. Agassiz vient voir de Charpentier à Bex pour combattre ses idées. *Essai*, Préface, 1. Il y passe cinq mois (Agassiz, *Études*, 15).

1837, Discours d'Agassiz à la Société helvétique, à Neuchâtel (*Actes*, Neuchâtel, 1837. *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 2 octobre 1837. *Essai*, 245).

1840, Agassiz, *Etudes sur les glaciers*.

1841, de Charpentier, *Essai sur les glaciers*.

M. Martins, *Revue des Deux-Mondes*, 1847, XVII, a donné un court précis de cette histoire, ainsi que Venetz, *Mém. Soc. helvétiq. des Sc. nat.*, 1861, XVIII.

[1] *Mém. de la Soc. helvétiq. des Sc. nat.*, 1833, I, travail rédigé en 1821. Les faits rapportés dans cet écrit paraissent s'accorder jusqu'à un certain point avec ce qu'on dit des glaciers de Chamonix; on a assuré que ces glaciers se retirèrent vers la fin du dix-septième siècle, après la bénédiction de l'évêque Jean d'Aranthon. (Voir le chapitre relatif aux cartes. Il est permis de croire que ce renseignement physico-ecclésiastique est quelque peu apocryphe; mais les gens de Chamonix affirmèrent à Pierre Martel, en 1742, que les passages des Alpes avaient été récemment envahis par les glaces. (Voir le chapitre relatif aux cartes.)

Une des plus singulières variations dans les glaciers dont l'histoire a conservé le souvenir est celle qui eut lieu dans le Groënland. Les Norwégiens y établirent une colonie en l'an 982, sous la conduite d'Eric Rand. Un nommé Biorn la visita en 1002 (Powel, *Histoire du pays de Galles*). elle déclinait vers 1348; cependant les deux frères Zéno y abordèrent en 1380 (Hackluyt, *Collect. des Voyages*, III). Cette colonie était dans un pays couvert de verdure; c'était à peu près l'époque où l'Islande était parée d'une riche végétation. On a trouvé à Rome une liste de 17 évêques groënlandais, antérieurs au quatorzième siècle (Recueil de Langebeck). Il paraît que le Groënland fut perdu de vue pendant quelque temps, vers cette époque, et qu'il fut de nouveau découvert au seizième siècle. On y voit encore des restes d'édifices, et ils ont servi à constater un affaissement du sol, *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1836, VII, 96. La côte orientale n'est pas habitable, et

du point où ils sont aujourd'hui; puis il soutenait que durant une époque plus récente les passages des Alpes étaient beaucoup plus faciles qu'ils ne le sont maintenant; et que, vers le milieu du dix-septième siècle, ils s'étaient de nouveau obstrués. M. Venetz poussa de Charpentier à suivre la voie dans laquelle il s'était engagé lui-même.

M. Agassiz adopta une partie des vues de de Charpentier; mais il les modifia en admettant que, pendant l'époque glaciaire, il y eut une nappe de glace sur toute la terre, tandis que de Charpentier soutenait qu'il n'y avait eu que des glaciers de dimensions gigantesques. Cette scission dans le camp des glaciéristes n'eut cependant pas une grande importance.

§ 166. — Une théorie qui compta plus de partisans que celle de M. Agassiz, attribuait tout l'ensemble du phénomène erratique au transport opéré par des **glaces flottantes.** Déjà, en 1817, Venturi soutenait cette hypothèse[1]; plus tard, MM. Darwin[2], Sharpe[3], etc., l'ont développée, et MM. Murchison[4] et Ramsay[5], après lui avoir prêté leur appui, l'abandonnèrent pour celle des glaciers. Mais dans la théorie des glaces flottantes il fallait admettre des eaux

l'on sait qu'en 1815 il y eut une grande débâcle des glaces, § 176. (Détails tirés de Mallet, *Introd. à l'hist. du Danemark*, 1763, I, 16, 246, 249 et suiv. *Journal de Genève* du 23 février et du 29 mars 1788. Necker, *Etudes géologiques*, 203.)

[1] *Mem. int. ad alcuni fenomeni geolog.* Pavie, 1817; par extrait : Breislak, *Institutions géologiques*, II, 333.

[2] *Quarterly J. Anniv. Adress*, février 1849, V, XXVIII. — *Journ. of researches on Geology and Nat. hist.* London, 1839.

[3] Sur le dernier soulèvement des Alpes, etc., D. Sharpe, *Soc. géologique de Londres*, 5 décembre 1855. — *Litterary Gazette*, 1856. *Bullet. Soc. of Vaud. des Sc. nat.*, V, 89.

[4] *Quart. Journ. of the Geol. Soc.*, 1846, II, 349. *Adress of the President the Royal Geog. Soc.*, may 23, 1864.

[5] *Quart. Journ. of the Geol. Soc.*, 1862, XVIII, 185.

s'élevant jusqu'à la limite supérieure des blocs erratiques (à plus de 1600 mètres); par conséquent elles ne formaient plus un lac, mais une mer recouvrant une étendue immense, à moins de supposer des oscillations du sol semblables à celles qui ont eu lieu en Angleterre, mais dont on n'a trouvé aucune preuve sur le continent.

Il serait d'ailleurs difficile d'admettre qu'une mer eût séjourné quelque temps dans les environs des Alpes, à l'époque quaternaire, sans y avoir laissé de traces. Il y a peu d'années, il est vrai, on crut avoir découvert des coquilles marines dans les dépôts de cet âge, en trouvant des buccins dans certains graviers des environs de Lyon[1]; mais M. Lory a montré que ces fossiles étaient tertiaires. D'un autre côté on ne s'explique pas comment la présence de la mer dans le centre de l'Europe aurait pu déterminer une extension des glaciers assez notable pour former des *icebergs*.

§ 167. — Après de longues et vives discussions dans toutes les sociétés savantes où les questions géologiques étaient traitées, la théorie de l'extension des glaciers à une époque peu reculée fut appuyée de tant de preuves, qu'on ne lui fit plus d'objections sérieuses. On comprend que, vu le nombre de savants qui prirent part à cette lutte, il m'est impossible d'indiquer ici les mémoires publiés, ni même les noms de leurs auteurs.

Il fut enfin reconnu que les glaciers avaient transporté les blocs erratiques et qu'ils avaient formé les dépôts appelés maintenant terrains glaciaires. Dans la région qui nous occupe, ces derniers consistent surtout en alluvion glaciaire et en argiles à cailloux striés[2], dont personne

[1] Fournet, *Géologie lyonnaise*, 154, 155, 166, 200.

[2] *Diot* et *Glappe* des environs de Genève; *Marcq* des environs de Chambéry.

n'avait parlé avant l'apparition de cette théorie. Aussitôt qu'elle fut admise, on rechercha la cause de l'ancienne extension des glaciers, travail qui donna naissance à plusieurs systèmes intéressants; puis on s'occupa aussi des effets produits par les glaciers gigantesques dont on avait démontré l'ancienne existence. Par conséquent, on vit encore surgir des **théories de deux ordres différents.**

Commençons par celles qui sont relatives à **l'origine du développement des glaciers.** On a, dans la présence des moraines placées sur le flanc de montagnes qui ne s'élèvent pas à la limite actuelle des neiges éternelles, une preuve évidente de l'abaissement ancien de cette limite, et du changement de la température. Ceci est démontré par la position des moraines ou des blocs de la Dent d'Oche (§ 339), du lac de Montriond (§ 106), des Confins près de la Clusaz (§ 396), du Cramont (§ 156), du Jura[1], des Vosges, de la Forêt Noire, de l'Écosse, de la Corse[2], de l'Apennin[3], du Liban[4], de l'Amérique septentrionale, de la Nouvelle Grenade[5] et de la Nouvelle Zélande[6]. Mais les moraines des Alpes, celles dont je viens de parler, n'ayant été formées qu'après l'époque du grand développement des glaciers, ne peuvent donner une idée complète du changement qui eut lieu dans le climat.

Des observations d'un autre genre précisèrent les indications fournies par les moraines; M. Agassiz, dans son dis-

[1] *Archives*, 1847, VI, 253. — *Actes Soc. helvét.*, Porrentruy, 1853. — *Bullet. Soc. géol. de Fr.*, 1858, XV, 333. — 1863, XX, 332, 341.

[2] Pumpelly, *Bullet. de la Soc. géolog. de France*, 1859, XVII, 78.

[3] *Acad. des Sc. Berlin*, 14 août 1851 ; *Archives*, 1852, XIX, 319.

[4] *Archives*, 1863, XVII, 162. — *Review of Nat. History*, n° 5, janvier 1862, p. 11.

[5] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1852, IX, 396.

[6] *Archives*, 1865, XXIV, 113.

cours à la Société helvétique réunie à Neuchâtel en 1837, avait cherché à établir que l'étude de la **succession des êtres organisés** démontrait une période de refroidissement. Ses preuves n'avaient pas eu la précision de celles qu'il donna à Zurich, en 1841 [1], où il affirma que la période de froid de l'époque glaciaire était prouvée par la présence, dans les dépôts quaternaires de Sicile, de coquilles qui vivent maintenant sur les côtes d'Écosse; et par la présence, dans les dépôts quaternaires de ce dernier pays, de coquilles qui vivent sur les côtes du Groënland. M. Heer a fait remarquer aussi qu'on trouve des ossements de marmottes [2] et de rennes dans un grand nombre de localités de la plaine en Suisse, en Allemagne et en France, ce qui tient probablement à ce qu'un abaissement dans la température permettait à ces animaux de vivre là où on ne les trouve plus maintenant [3] (§ 77).

Ce genre de démonstration a pris dernièrement plus d'importance encore par les recherches de MM. Lartet et Alph. Milne Edwards. Le premier [4], après avoir décrit dans une lettre à l'Académie des Sciences une plaque d'ivoire trouvée dans une caverne du Périgord, portant des dessins qui démontrent la contemporanéité de l'homme et de l'*Elephas primigenius*, ajoute quelques mots sur la distribution des mammifères quaternaires. Il signale la présence d'ossements de l'*Ovibos moschatus* ou bœuf musqué dans une localité du Périgord, associés à des restes du grand ours, du grand

[1] *Actes Soc. helvétique*, Zurich, 1841, p. 63.

[2] Les marmottes retrouvées dans les plaines ne sont pas toutes de la même espèce que celles des Alpes, d'après M. Lartet, *Comptes rendus*, 1865, LXI, 21 août.

[3] *Archives*, 1858, II, 330, sur les charbons feuilletés de Durnten et d'Utznach.

[4] *Comptes rendus de l'Acad.*, 1865, LXI, 21 août.

chat des cavernes, du renne, de l'aurochs, du cheval, etc., au milieu des débris de l'industrie humaine, « témoignant « ainsi, dit M. Lartet, de la persistance d'un climat gla- « ciaire au moment où l'homme s'était déjà établi dans cette « région de notre Europe aujourd'hui si tempérée. » En effet, l'*Ovibos moschatus*, relégué de nos jours en Amérique, ne vit jamais au S. du 60e degré. Au commencement de l'époque quaternaire, il habitait donc 15° plus au S. que maintenant. M. Alph. Milne Edwards est arrivé à un résultat analogue par l'examen des ossements d'oiseaux recueillis dans les cavernes où ils sont associés à des restes d'autres animaux. On a trouvé, en effet, dans la plupart des grottes à ossements du centre de la France les débris de la grande chouette harfang (Stryx nyctœa Linné) qui habite aujourd'hui le voisinage du cercle arctique [1].

On doit observer que les preuves tirées du règne animal sont d'un ordre tout différent de celles qu'on déduit de la position de certaines moraines dont je viens de parler, et cependant toutes deux concourent à attester une grande modification dans le climat au commencement de l'époque quaternaire.

§ 168. — Cette modification a eu lieu, sans aucun doute; mais peut-être que le refroidissement qui en est résulté a été la conséquence plutôt que la cause de l'ancienne extension des glaciers. Quoi qu'il en soit, ce **changement dans la température** n'a probablement pas été aussi grand qu'on l'avait admis dans les premiers temps où l'on formait des hypothèses sur ce sujet. Alors on supposait qu'un climat polaire avait envahi l'Europe; mais M. Ch. Martins a montré qu'un abaissement de 4° C. dans la température

[1] *Institut*, 1865, p. 244.

moyenne de Genève ramènerait les glaciers de Chamonix jusque dans les environs de cette ville. En effet, ces glaciers descendent jusqu'à 1150 mètres au-dessus du niveau de la mer; la température décroissant dans l'atmosphère de 1° par chaque 188 mètres d'élévation, il en résulterait que, pour un abaissement de 4°, les glaciers descendraient de 752 mètres, c'est-à-dire qu'ils arriveraient à environ 400 mètres au-dessus du niveau de la mer, soit à celui de la ville de Genève [1]. M. Denzler de Zurich pense que l'abaissement de la température moyenne devrait être un peu plus fort que celui indiqué par M. Martins (5°), pour que les glaciers des Alpes s'étendissent jusqu'à Soleure.

Mais il faut se souvenir dans ces spéculations qu'une diminution notable dans la température des climats de la terre ne serait point une cause du développement des glaciers; car une grande humidité est indispensable à la formation de grandes étendues de glaces, et cette humidité, qui est un produit de l'évaporation des eaux placées à la surface de la terre, ne peut avoir lieu si la température est trop basse. M. le professeur de la Rive croit « qu'il n'est pas nécessaire, pour expliquer leur présence (celle des grands « glaciers) à une époque antérieure, de recourir à une période frigorifique temporaire, telle qu'aurait pu la déterminer un changement dans l'inclinaison de l'axe de la « terre ou dans la chaleur émanée du soleil [2]; » et nous chercherons aussi à nous rapprocher des causes actuelles pour expliquer le phénomène glaciaire.

§ 169. — Dans ce but, examinons quelques-unes des idées émises sur **la cause de l'envahissement des montagnes par les glaces** en quantité assez considérable pour

[1] *Revue des Deux-Mondes*, 1847, XVIII, 1er mars.
[2] *Archives*, 1851, XVIII, 15.

qu'elles descendissent dans les plaines voisines sous forme de glacier, ainsi que nous l'avons dit dans les chapitres précédents et comme le montre la carte de la Suisse, publiée par M. A. Escher [1]. Il n'est pas inutile de rappeler, en commençant, qu'un grand développement de glaciers autour de centres montagneux du monde n'aurait pas eu d'influence sur le **niveau de l'Océan**, car, d'après M. Benoit, l'extension de tous les glaciers du globe, telle que nous pouvons l'apprécier, et même en l'exagérant, n'aurait pas absorbé une quantité d'eau équivalant à un abaissement d'un millimètre du niveau des mers [2].

M. **Agassiz** avait supposé que le refroidissement lent et on peut dire insensible de la terre avait été interrompu par un refroidissement grand et brusque, et « que de grands « froids ont terminé chaque époque géologique [3]. » On a même parlé de frisson terrestre [4]. Mais nous ne nous arrêterons pas à ces hypothèses d'un refroidissement du globe lui-même. On est arrivé maintenant à admettre que la cause de la grande accumulation des glaces résidait uniquement dans l'atmosphère.

§ 170. — **De Charpentier**, dans son mémoire de 1834, supposa que le changement de climat a été occasionné par une plus grande élévation des Alpes, du Jura et de toute la Suisse, et que cette région a subi un affaissement, « suite « d'un tassement général qui a duré aussi longtemps que « les parties mal assises et disloquées n'eurent pas pris « leur assiette. » En 1841, il renonça à cette idée pour

[1] *Uebersicht der geol. Verhältnisse der Schw. und ueber die Harmonie*, etc., von A. Escher und O. Heer. Zurich, 1847. Voyez aussi la carte de M. Ramsay, *Quarterly Journ.*, 1852, XVIII, 71.

[2] Benoit, *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1863, XX, 522.

[3] Agassiz, *Etudes sur les glaciers*, 1840, p. 329.

[4] *Actes Soc. helvétique*. Neuchâtel, 1837.

adopter une autre théorie, dans laquelle il voulut établir qu'à la suite du soulèvement des Alpes, il y eut des fissures, par où sortirent des vapeurs qui se répandirent en grande quantité dans l'atmosphère et se précipitèrent en brouillards, en pluie et en neige. Elles modifièrent le climat, occasionnèrent une longue suite d'années pluvieuses et froides, lesquelles favorisèrent le développement des glaciers, etc., etc. [1]

M. **Kæmtz** a soutenu également l'idée d'une plus grande élévation des Alpes; il la porte à 20 000 pieds [2].

§ 171. — M. **Lecoq** de Clermont, dans un ouvrage intéressant [3], propose une nouvelle explication du phénomène glaciaire. « Si l'abaissement de la température, dit-il, « était général sur le globe, il n'y aurait pas de glaciers, « parce que, l'évaporation cessant, la neige ne se mon- « trerait plus (p. 553). La chaleur, au contraire, favorisant « la création de la vapeur d'eau, est la principale cause de « la chute de la neige sur les points élevés et refroidis, et « cette cause a été bien plus active autrefois que de nos « jours. » Ainsi, d'après M. Lecoq, la chaleur a été la cause première des grands glaciers; mais elle exerçait son action à la surface de la terre, dans d'autres régions que celles où ils se formaient.

C'est donc, si je ne me trompe, ce savant qui le premier a introduit dans la science l'idée, qui me semble très-juste, qu'il faut une grande évaporation pour former de grands glaciers. Il place cette production de vapeurs dans les régions tropicales et leur condensation dans les centres montagneux des autres parties du globe. Mais, d'après M. Le-

[1] De Charpentier, *Essai*, 311.

[2] *Archives*, 1864, XX, 137.

[3] *Des glaciers et des climats*, etc. Paris, 1847, 1 vol. in-8°.—*Archives*, 1848, VII, 194, et 1861, XII, 30.

coq, ce changement dans la distribution de la vapeur et dans la formation des glaciers est lié au refroidissement du soleil, dont la chaleur a diminué de même que celle de tous les corps célestes qui composent notre système planétaire. « J'ai donc, dit ce savant, été amené à introduire en géo- « logie une grande cause, que des observations directes « n'ont pas encore démontrée, mais dont le raisonnement « peut admettre la possibilité » (p. 548).

Sans vouloir diminuer la valeur incontestable du travail du savant géologue de Clermont, je ferai observer qu'il cherche bien loin et dans une hypothèse peu appuyée par des observations la cause du développement des glaciers. D'ailleurs, même en admettant le refroidissement du soleil, il paraît être si lent qu'on ne peut établir la coïncidence du commencement de la période quaternaire (qui est peu ancienne) avec la température plus élevée du soleil. Ces deux phénomènes appartiennent à des ordres complétement différents.

§ 172. — L'explication de la présence des grands glaciers, donnée par M. **le professeur A. de la Rive**, est basée sur ce que les terrains qui sortirent des eaux à l'époque du dernier soulèvement étaient imprégnés d'une humidité considérable, et sur ce que l'humidité est accompagnée d'un abaissement de température, surtout dans les pays de montagnes. Les terrains pénétrés d'eau devaient produire une évaporation énorme et une diminution dans la température de la région où ils se trouvaient. M. de la Rive appuie sa théorie sur le fait si curieux du grand développement des glaciers de Chamonix durant les années remarquablement humides de 1816 et 1817[1]. Enfin, d'après le

[1] Voyez *Bibl. Univ.*, 1816, II, 167, et VII, 248.

savant associé étranger à l'Académie des Sciences, la végétation, s'établissant sur la terre avec une énorme puissance, absorba une grande partie de l'humidité, et peu à peu les glaciers rentrèrent dans les limites que nous leur connaissons[1]. M. de la Rive est, je pense, le premier qui, avec une grande justesse de coup d'œil, ait cherché à expliquer l'extension extraordinaire des glaciers par ce qui se passe à l'époque actuelle[2]. Quoique ses vues aient été en partie confirmées par les observations de M. Hochstetter dans la Nouvelle Zélande, où dans ce moment il y a un phénomène glaciaire analogue à celui qui eut lieu jadis en Europe[3], les causes signalées par M. de la Rive ne nous paraissent pas suffisantes à elles seules.

§ 173. — M. **Milne Home** croit que le sol de la plaine suisse était de 3000 pieds plus élevé que maintenant. A cette altitude, les glaciers, ne trouvant pas la température capable de les fondre, se sont étendus. Après leur fusion, le sol de la Suisse a été abaissé au-dessous du niveau de la mer, et celle-ci a déposé les graviers supérieurs au terrain glaciaire; puis le sol s'est exhaussé pour atteindre le niveau actuel[4]. Je ne crois pas, comme je l'ai déjà dit, qu'on puisse trouver dans notre pays des preuves de tous ces mouvements.

§ 174. — M. **Frankland** a proposé une théorie qui

[1] Le bois, même sec, renferme les éléments de l'eau en quantité telle qu'ils constituent la moitié environ de son poids. Essai d'explication de l'apparition et de la disparition successive des grands glaciers, etc. *Archives*, 1851, XVIII, 5, complété par quelques calculs insérés aux *Comptes rendus de l'Académie des Sc.*, 1852, octobre, 437.

[2] *Actes de la Soc. helvétique* réunie à Genève en août 1865, et *Archives*, 1865, XXIV, 48.

[3] Note sur les glaciers de l'hémisphère Sud, *Archives*, 1865, XXIV, 112.

[4] *Note sur les anciens glaciers*, etc. *The Edinb. New. Phil. Journ.*, 1861, XIV, 46. — *Archives*, 1862, XIII, 72.

repose sur l'idée que, dans le refroidissement général du globe, l'eau de l'Océan, grâce à son état liquide, a dû se refroidir plus lentement que la partie solide du globe. A ce point de vue, il y a eu trois périodes dans l'histoire récente de la terre :

1° Celle où l'évaporation de la mer, envoyant une quantité énorme d'humidité sur la terre, rencontra un sol encore assez chaud pour que les glaciers ne pussent pas descendre bien bas. Cette époque est antérieure à celle des grands glaciers.

2° Une période pendant laquelle l'Océan avait encore une température assez élevée, pour envoyer une grande quantité d'humidité sur le sol qui était, alors, assez refroidi pour permettre aux neiges et aux glaces de s'accumuler en énorme quantité : ce fut l'époque glaciaire.

3° Dans une troisième période, les mers s'étant refroidies, l'évaporation ne fut plus assez grande pour former les grands glaciers [1]. Cette théorie a l'avantage, comme quelques-unes des précédentes, de s'appliquer à toute la surface du globe. Mais je lui opposerai une objection semblable à celle que j'ai faite au système de M. Lecoq, en faisant observer que les trois périodes dans lesquelles rentre l'histoire de la terre paraissent être d'un ordre différent de celui de la période glaciaire.

§ 175. — Parmi les théories ingénieuses qui tendent à expliquer l'extension des glaciers dans les Alpes, nous mentionnerons encore celle de notre savant compatriote, M. **Escher de la Linth.** Il s'est appuyé d'un côté sur le fait bien connu de tous les habitants des Alpes, savoir, que l'action du vent nommé Föhn (feune) ou Sirocco diminue

[1] De la cause physique de l'époque glaciaire, par E. Frankland, *Philosoph. Magaz.*, mai 1864. — *Archives*, 1864, XX, 130.

sensiblement la quantité de neige des montagnes, et de l'autre sur ce que le désert de Sahara n'a passé de l'état de mer à celui de terre ferme qu'à une époque géologique peu éloignée. Puis il conclut qu'au temps où cette partie de l'Afrique était sous l'eau, le Föhn ne pouvait souffler dans nos régions et les glaciers s'étendaient au loin. Mais, l'émersion du désert s'étant faite, la température de l'Europe s'est adoucie, et les glaciers ont été fondus[1]. Il est fort probable que cette grande modification de l'Afrique n'a pas été sans influence sur le climat de l'Europe; mais il ne faut pas perdre de vue que les glaciers paraissent s'être développés, à une certaine époque, dans tous les centres montagneux du monde (§ 167).

§ 176. — Tant de systèmes différents m'imposent la plus grande retenue dans les idées que je présenterai pour rendre compte de l'ancienne extension des glaciers; d'autant plus qu'une théorie de cet ordre, tout en s'appliquant à l'étude d'un fait important en géologie, ne rentre guère dans cette dernière science, mais appartient à la météorologie et à la physique.

Je rejetterai de prime abord toutes les idées purement hypothétiques et parmi celles-ci je place au premier rang une théorie que j'ai lue quelque part, dans laquelle, pour expliquer un refroidissement du climat européen, on imaginait que l'**isthme de Panama** n'était sorti de l'eau qu'après l'époque glaciaire, et qu'avant son apparition, les

[1] Escher de la Linth, *Die Gegend*, etc. *Les environs de Zurich pendant la dernière période du monde primitif*, broch. in-4°, 1852. — *Archives*, 1852, XXII, 392. — Desor, *Bullet. de la Soc. des Sc. nat. de Neuchâtel*, 1864. — Le Phénomène erratique, *Jahrbuch des Schw. Alpenclub*, 1864. — Sir C. Lyell, *Adresse à l'Association britannique à Bath* en 1864. — *Revue des cours scientifiques*, 1864, p. 711. — *Antiquités de l'homme*, trad. franç., 1864, p. 389, et Appendice L. — *Réunion de la Soc. helvétique des Sc. nat. à Genève* en août 1865.

courants de l'Océan Atlantique, passant dans l'Océan Pacifique, ne réchauffaient pas les côtes de l'Europe comme ils le font aujourd'hui. Cette théorie est une simple supposition, qui n'est pas admissible tant qu'on n'a pas démontré sur place l'émersion récente de l'isthme de Panama. Le temps est venu où, en géologie, il vaut mieux ne donner aucune explication et laisser une question pendante, que de construire des hypothèses reposant sur de mauvaises bases. Il est vrai que la limite entre les hypothèses permises et celles qui ne le sont pas est fort difficile à tracer.

Pour résoudre la question de l'**origine des glaciers** de l'époque quaternaire, nous devons avoir recours aux causes actuelles, qui seules nous permettront d'expliquer ce singulier problème. Je placerai en première ligne l'élévation des Alpes qui était plus grande au commencement de l'époque quaternaire que maintenant. Il est incontestable que cette chaîne et les autres montagnes du monde ont été une fois plus hautes que de nos jours. Ce n'est pas une hypothèse, c'est une certitude, et je crois l'avoir démontré (§ 659). Les Alpes étaient plus élevées de tous les débris qui en ont été détachés, depuis le moment où en se soulevant elles ont redressé la mollasse. Elles se sont abaissées de la masse immense de matériaux qui s'est répandue dans les plaines voisines, sous forme de blocs erratiques, de cailloux, de sable, de glaise, etc. ; de tout ce qui a été entraîné dans les plaines éloignées du Rhin, du N. de l'Italie et du S. de la France jusque dans les environs de Montpellier, et encore de tout ce qui a été enfoui dans la mer. Les sommités des Alpes dépassaient donc la limite des neiges éternelles plus qu'elles ne le font maintenant, et l'étendue horizontale de ces montagnes au-dessus de cette ligne était également plus grande, ce qui était une cause puissante de

l'agrandissement des glaciers. La marche de ceux-ci était facilitée par les pentes plus rapides des montagnes et par l'étroitesse des vallées. Notre climat était par conséquent plus froid. Avec cette élévation du sol on peut admettre une suite d'années analogues à celles de 1816 à 1818 (§ 172), pendant lesquelles les glaciers ont pris une grande extension. Si nous avons recours à cette hypothèse, nous y sommes autorisés par les faits qui se sont passés, il y a cinquante ans, dans le centre de l'Europe, et qui n'ont pas de pareils dans l'histoire de la science. D'après M. le professeur de la Rive [1], ces années remarquablement froides ont été la conséquence d'une débâcle de glace qui eut lieu dans les mers polaires et sur la côte du Groënland [2] (§ 165. note).

On voit donc qu'à l'époque actuelle il y a des causes puissantes de variations dans la température de certaines localités. Ces causes peuvent avoir été plus considérables et surtout plus prolongées en d'autres temps. Si nous les ajoutons aux effets produits par la plus grande élévation des Alpes, dont l'abaissement n'est aussi qu'une conséquence des forces actuelles qui régissent le monde, elles peuvent expliquer une diminution dans la température moyenne de notre région suffisante pour faire descendre les glaciers des Alpes jusque dans les plaines voisines.

Il est vrai que de nos jours il peut y avoir une augmentation notable des glaciers dans notre pays, sans que la température moyenne soit modifiée, lorsque la quantité de neige tombante reste la même, et que le froid de l'hiver ainsi que la chaleur de l'été diminuent d'intensité; alors les gla-

[1] Séance de la Soc. de Physique et d'Hist. nat. de Genève, 16 février 18[illegible]

[2] Arago, (Œuvres, *Notices scientifiques*, V, 243, et IX, *Instruct.*, *Rapports*, etc., 113 à 133.

ciers, recevant plus de neige en hiver qu'il ne s'en fond en été, prennent de plus grandes dimensions.

Les vapeurs qui entretiennent nos glaciers, en passant à l'état de neige, proviennent en grande partie de mers éloignées, et je viens de dire qu'il peut y avoir, dans notre pays, une série d'années froides ou une série d'années chaudes sans que l'on puisse connaître d'une manière bien précise la cause de ces irrégularités. Mais on peut affirmer cependant que ces changements sont liés à des variations dans la production de la vapeur aqueuse en d'autres régions de la terre. Peut-être cette inégalité dans la quantité de ces vapeurs tient-elle à certaines actions dont le siége est dans des régions plus méridionales que notre pays; cependant les variations de notre climat sont vraisemblablement en relation très-directe avec ce qui a lieu dans le Nord. L'augmentation des glaciers n'est donc pas liée à une cause de froid se développant dans la région même où ils sont placés, mais elle est une conséquence de phénomènes qui se passent à une grande distance; toutefois les glaciers, en s'étendant, donnent lieu à leur tour à un refroidissement dans la région où ils sont situés [1].

Peut-être la production des vapeurs nécessaires à la formation des glaciers a-t-elle été influencée par **la salure de la mer**, comme l'a fait remarquer M. Louis Soret dans un cours public, fait en 1866 à Genève. Les eaux des fleuves et les courants souterrains apportent constamment à la mer une quantité notable de matières salines; les éruptions sous-marines en amènent également beaucoup. La salure de l'eau de mer doit donc augmenter graduellement; or, plus l'eau

[1] Lorsque les montagnes de glace flottantes sont entraînées sur l'Océan dans la zone tempérée, elles sont toujours entourées de brouillards froids comparativement au milieu où ils sont placés.

est salée, moins son évaporation est rapide; par conséquent, au commencement de l'époque quaternaire il devait s'élever plus de vapeurs que de nos jours, ce qui aurait contribué au développement des glaciers. Toutefois cette modification ne doit se produire qu'avec une extrême lenteur[1], et je suis porté à croire que la salure de la mer a dû être forte depuis le moment où les terrains triasiques, qui renferment des matières salines en grande abondance, ont été émergés. Or, ce moment est beaucoup plus ancien dans l'histoire du globe que l'époque quaternaire.

On pourrait encore supposer que la quantité d'eau qui tombe annuellement sur la terre s'est répartie d'une manière différente pendant un certain temps; en effet, il est probable que, si sa chute était à peu près nulle en été, et qu'elle

[1] M. Soret a bien voulu me communiquer sur ce point le calcul suivant: « Supposons qu'à une certaine époque l'eau de l'Océan fût douce au lieu d'être salée, et admettons pour la profondeur moyenne des mers le chiffre de 4800 mètres (Arago, *Astronomie populaire*, III, 246). L'eau, qui après s'être évaporée, retombe directement sur la mer est de l'eau pure; c'est donc seulement la pluie qui se précipite sur la terre ferme qui peut se charger de sels. Admettons que la quantité d'eau annuelle tombant sur le continent soit en moyenne de 1 mètre (elle est de 0 m. 768 en moyenne en France, de 0 m. 825 à Genève, mais beaucoup plus forte dans les régions tropicales); comme la surface des mers est trois fois plus grande que celle des continents, il faudra trois ans pour que la quantité des eaux qui ont passé sur la terre ferme forme un volume correspondant à une couche d'eau de 1 mètre d'épaisseur sur toute la surface de la mer, et, par conséquent, $3 \times 4800 = 14{,}400$ ans pour que cette quantité forme un volume égal à celui de toute l'eau des mers. — Supposons que cette eau de pluie se charge sur la terre d'une quantité moyenne de sels de deux grammes par litre (c'est-à-dire quatre ou cinq fois plus que l'eau de la Seine ou celle d'Arcueil, et quatorze fois plus que celle du puits de Grenelle). Au bout de 14,400 ans, l'eau primitivement pure qui formait la mer contiendra deux grammes de sel par litre, et au bout de $20 \times 14{,}400 = 288{,}000$ ans, elle contiendra 40 gr. de matière saline, ce qui est à peu près la proportion actuelle. — Ce calcul, quoique basé sur des données évidemment arbitraires, suffit pour montrer que l'augmentation de salure de la mer doit se produire avec une grande lenteur. »

eût lieu en hiver à l'état de neige, les glaciers prendraient des proportions gigantesques.

Nous voyons donc qu'il y a deux ordres de causes qui peuvent avoir contribué à l'ancienne extension des glaciers, l'un renferme celles qui sont extérieures à la région des glaciers; l'autre comprend certaines actions qui se passent dans cette région même. Parmi ces dernières nous mettrons au rang des plus puissantes la grande évaporation qui a dû avoir lieu après le soulèvement des montagnes à la surface des terrains récemment émergés (§ 172) et l'élévation des montagnes qui était plus grande à l'époque quaternaire que de nos jours.

De cette manière, tout en nous gardant d'aller chercher les causes de l'ancienne extension des glaciers dans des cataclysmes terrestres ou dans des phénomènes cosmiques dont il est difficile de connaître la portée, nous trouverons, dans les *causes actuelles*, diverses actions concourant au même but suffisamment puissantes pour expliquer le singulier développement des glaciers de l'époque quaternaire.

Il n'est pas nécessaire, je crois, de faire intervenir des changements dans la distribution des terres et des mers pour expliquer l'origine de ces glaciers, comme M. Hopkins a essayé de le faire[1]. Il faut se rappeler cependant qu'en Angleterre et en Écosse des soulèvements considérables du sol se sont fait sentir postérieurement à l'époque glaciaire[2] (§ 83). Des phénomènes de cet ordre ont également modifié la Scandinavie, comme le montre l'intéressant travail de M. Claparède sur l'époque glaciaire de ce pays[3].

[1] *Quart. Journal of the Geologic. Soc. of London*, 1851, VIII, 56. — *Archives*, 1852, XIX, 149. — *Phil. Mag.*, 1859, XVIII, 308.

[2] Sir Ch. Lyell, *Antiquités de l'homme*, en anglais, Append. G. et p. 278 de l'édit. française.

[3] *Archives*, 1862, XIII, 314.

Mais ce qui ne nous paraît point une hypothèse pour les Iles Britanniques et la Suède, en serait une pour la région que nous avons étudiée.

§ 177. — A la suite d'observations faites en Écosse, à l'aide desquelles on a cherché à démontrer qu'il y avait eu dans ce pays **deux époques glaciaires**, quelques savants ont soutenu que l'étude du terrain erratique alpin devait faire admettre l'extension des glaciers des Alpes jusqu'à la plaine, à deux reprises différentes. M. Morlot a été un des premiers à patroner cette idée[1] (§ 70). Depuis lors, M. Venetz a cherché à établir que le glacier du Rhône avait eu quatre extensions différentes[2]. Les faits indiqués par ces savants ne m'avaient pas convaincu. Mais des observations faites sur les lignites d'Utznach et de Durnten, dans le canton de Zurich, ont paru assez favorables à cette idée, pour que M. le professeur Heer ait admis l'existence de deux périodes glaciaires (§ 73)[3]. Là, en effet, on a trouvé des couches considérables de lignite reposant sur des blocs erratiques et recouvertes par des blocs du même genre, et on a reconnu dans ces couches les restes d'une végétation qui s'est développée entre deux extensions de glaciers. N'est-il pas surprenant que l'étude de ces bois et des insectes qui les accompagnent indique, comme l'a démontré M. Heer, que pendant l'époque qui a séparé les deux périodes glaciaires, le climat a été le même que celui de nos jours? N'est-il pas extraordinaire que la température n'ait pas été plus froide? La solution de ce problème serait

[1] *Bullet. de la Soc. Vaud. des Sc. nat.*, 15 mars 1854, IV, 41, et 1858, VI, 101. — *Archives*, 1855, XXIX, 83. — Sc. Gras, *Archives*, 1858, II, 5.

[2] *Mém. de la Soc. helvét. des Sc. nat.*, 1861, XVIII.

[3] C'est par erreur qu'au bas de la page 81 j'ai indiqué le vol. XXVIII des *Archives*, lisez : vol. XXI.

bien simplifiée en n'admettant qu'une seule période glaciaire, pendant laquelle le glacier, en s'étendant, aurait rencontré une forêt qu'il aurait abattue. Les arbres entraînés par la moraine ont pu se déposer sur des blocs erratiques ou sur des alluvions glaciaires, puis être ensuite recouverts par d'autres blocs. On peut, il me semble, trouver facilement un agent mécanique au moyen duquel on expliquera cet arrangement des blocs, des graviers et des lignites, sans avoir recours à deux époques glaciaires; ce qui entraîne une complication bien grande dans la climatologie du monde.

En ne voulant admettre, pour le moment, qu'une seule époque glaciaire, je ne nie point cependant que les glaciers n'aient reculé, puis avancé de nouveau, et cela peut-être plusieurs fois sur des espaces plus ou moins considérables. Nous n'avons pas assez de détails sur ces grands phénomènes pour rien assurer à cet égard. Cette manière de voir se rapprocherait, il me semble, de celle de M. Desor, qui nomme la seconde période glaciaire, un incident ou un épisode de l'époque du retrait. M. Lory, d'après ses études en Dauphiné [1], n'admet également qu'une seule époque glaciaire.

§ 178. — Disons maintenant quelques mots d'un autre ordre de théories. Après que l'ancienne présence de glaciers gigantesques, dans les vallées des Alpes et dans les plaines voisines, eut été reconnue, on a recherché quels ont été les effets mécaniques résultant du mouvement de ces masses énormes. On avait surtout pour but d'expliquer comment les blocs et les cailloux de certaines parties des Alpes ont pu franchir les dépressions des lacs sans les combler.

Cette idée de la **persistance des lacs** avait préoccupé

[1] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1863, XX, 363.

plusieurs savants. On le voit dans le travail de C. Escher, publié en 1822 [1]. André de Gy, avons-nous dit, supposait que les vallées n'avaient été creusées qu'après le transport des blocs erratiques (§ 164). On trouve encore que la même idée embarrassait fortement Playfair, lorsqu'il dit : « Mais « il reste encore à expliquer la grande profondeur que le « lac (de Genève) a maintenant, parce qu'aucune vase, au- « cun gravier n'auraient dû être transportés au delà d'un « golfe de 1000 pieds de profondeur et qui était tout prêt « à les recevoir. Cette difficulté est réelle, et il semble « exister, sinon dans la génération, du moins dans la con- « servation des lacs, quelque cause agissante que nous ne « connaissons qu'imparfaitement [2]. »

C'est pour échapper à cette difficulté qu'on eut recours aux théories que voici.

§ 179. — Sir Charles Lyell a soutenu que les bassins des lacs devaient leur origine à des mouvements du sol [3]. Mais, si on trouve dans diverses régions du monde des faits attestant des oscillations de la surface de la terre à des époques récentes, rien ne démontre ces mouvements dans le voisinage des Alpes, et la distribution des terrasses sur le bord des lacs et des rivières, qui s'explique si bien par le creusement lent du point où dégorgent les lacs, ou par le creusement du lit de la rivière, atteste qu'il n'y a pas eu d'oscillations du sol. Si l'on admettait que les terrasses des bords des lacs ont été laissées à sec, parce que le fond du bassin s'est affaissé, il faudrait expliquer de la même manière les terrasses des bords des rivières. Or, il est évident

[1] *Bibl. Univ.*, 1822, XXI, 259.

[2] *Illustrations of the Huttonian theory of the earth Edinburgh*, 1802, p. 364. — *Explication de Playfair*, etc., trad. par Basset, 1815, p. 282.

[3] *Ancienneté de l'homme*, 1864, p. 332. — Ramsay, *Philosoph. Magaz.*, 1865, XXIX, 285.

que celles-ci ont été produites par un creusement et non par un affaissement.

§ 180. — Un célèbre physicien anglais, M. Tyndall, suppose que les dépressions des lacs n'existaient pas lors du transport de l'alluvion ancienne, et il croit non-seulement qu'elles ont été excavées par les glaciers, mais que toutes les vallées des Alpes ont une origine semblable. Avant l'époque glaciaire, cette chaîne de montagnes n'aurait été qu'un vaste massif, une énorme bosse à surface plus ou moins unie, dans laquelle les vallées et les lacs auraient été creusés par les glaciers qui sont les excavateurs des vallées [1].

§ 181. — M. Ramsay, fort connu par ses travaux dans le *Geological Survey* d'Angleterre, ne va pas aussi loin que M. Tyndall. Il admet que les vallées sont une conséquence du soulèvement des Alpes; mais il a été frappé du fait que les lacs se trouvent surtout là où se rencontrent de grandes traces de glaciers, et il soutient que les lacs en général, et ceux des Alpes en particulier, ont été creusés par cet agent [2]. M. Jukes défend une opinion presque entièrement semblable [3].

§ 182. — La troisième théorie, émise par M. de Mortillet, assigne aux glaciers un moins grand pouvoir d'érosion que les deux premières. M. de Mortillet croit que les vallées et les lacs étaient formés avant l'extension des glaciers, mais qu'ils ont été, en tout ou en partie, comblés par des cailloux et des matériaux qui y étaient amenés sous forme d'alluvion; puis que les glaciers ont expulsé de ces

[1] *Philosoph. Magaz.*, septembre 1862. *Archives*, 1863, XVI, 142.

[2] *Philosoph. Magaz.*, novembre 1862, octobre 1864 et avril 1865. *Quarterly Journ. of the Geol. Soc.*, 1862, XVIII, 185.

[3] *Reader*, 12 mars 1864, *Adress to the Geol. Section British associat.*, octobre 1862.

bassins tous les terrains meubles qui y étaient contenus et les ont rejetés en aval. M. de Mortillet a donné le nom de **théorie de l'affouillement**[1] à cette hypothèse. « Cette « puissance d'affouillement a pu, suivant ce savant, dénu- « der assez profondément des roches tendres, comme les « diverses assises de la mollasse; c'est ce qui a donné nais- « sance aux lacs d'érosion de la plaine. Enfin, parfois elle « a entamé des roches dures, mais toujours dans des pro- « portions très-restreintes; c'est ce qui a formé les petits « lacs d'érosion des montagnes. En se rapprochant des « glaciers actuels, il est facile de reconnaître que ces petits « lacs ou étangs se relient intimement au moutonnement « général des roches. Là se bornent les effets de l'affouil- « lement glaciaire; mais, pour peu qu'on observe, on est « forcé d'admettre qu'ils vont bien jusque-là. »

§ 183. — On le voit, dans chacune de ces trois théories on assigne aux glaciers anciens une puissance d'action fort différente : l'une leur fait creuser des vallées entières, tandis que celle qui leur donne le moins de force leur attribue simplement le pouvoir de déblayer les cavités des lacs. Je ne puis m'empêcher de croire que, dans l'une comme dans l'autre, on a beaucoup exagéré la puissance des glaciers, et j'ai cherché à réfuter ces théories; MM. Studer[2], Desor[3],

[1] *Bullet Soc. géolog. de France*, 1859, XVI, 888. *Archives*, 1860, IX, 160. — *Atti della Soc. italiana*, III, 44. *Archives*, 1862, XIII, 66. *Revue Savoisienne*, 1860, p. 90. — *Archives*, 1861, X, 34. — *Actes Soc helvét. à Lausanne*, 1861, p. 73. Gastaldi et Mortillet, *Atti della Soc. italiana*, V (26 luglio 1863). *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1863, XXI, 12. — *Archives*, 1863, XVIII, 285.

[2] M. le professeur Studer a résumé l'état de la question dans un article *sur l'origine des lacs suisses*. Il y développe l'idée que les dépressions des lacs ont été formées par affaissements après le dépôt de l'alluvion ancienne, *Archives*, 1863, XIX, 89.

[3] *Revue Suisse*, 1860. Voyez § 187.

Ball[1], Omboni[2] ont fait de même. Il n'est pas nécessaire de les combattre l'une après l'autre; il suffira de démontrer que celle qui attribue aux glaciers la force la moins grande, leur donne encore trop de puissance, pour que les deux autres soient réfutées en même temps.

§ 184. — Il semble que de Charpentier a prévu l'hypothèse de l'affouillement, lorsqu'il a consigné dans son ouvrage la note suivante qui la combat avec une force et une simplicité étonnantes : « En 1818, dit-il, le glacier du « Tour, dans la vallée de Chamonix, avait avancé, *sans* « *creuser*, d'environ 80 pieds sur un terrain graveleux et « dégarni de terre; mais, au bout de cet espace, il ren- « contra des prairies, dont le sol, étant de la terre un peu « marécageuse, fut entièrement soulevé et bouleversé. »

On peut également trouver un autre exemple de l'absence de l'affouillement dans l'inspection du glacier des Bossons; il avait avancé, en 1818, de manière à faire craindre que la route de Chamonix ne fût coupée, et n'avait produit aucun affouillement dans le sol qui est cependant composé de terrain meuble.

Par conséquent, les glaciers ne peuvent creuser leur lit dans des terrains meubles ou graveleux. Je ne pense pas qu'aucun glacier actuel affouille le terrain sur lequel il passe, de manière à construire devant lui une moraine qui soit tirée du sol sur lequel il s'avance, et à s'enfoncer dans la dépression qu'il crée. Si on ne trouve pas de glaciers semblables, cette hypothèse manque de base; car l'un des grands progrès de la géologie dans ces dernières années consiste à ne tirer parti que des exemples fournis par la nature actuelle. Il n'y a, parmi les auteurs qui ont écrit

[1] *Phil. Magaz.*, 1863, XXV, 81.
[2] *Atti della Soc. italiana*, III.

sur les glaciers, que M. Godeffroy qui ait parlé de leur affouillement[1], et cette idée n'a pas trouvé de partisans parmi les nombreux scrutateurs des masses de glace. Lorsque les glaciers avancent, ils se modèlent sur le sol qui les supporte, et ne l'affouillent pas ; c'est une conséquence de leur plasticité[2].

Il est donc certain que maintenant aucun glacier ne détermine d'affouillement, parce que la nature même de la glace s'y oppose.

§ 185. — Les auteurs des trois théories ont recours à l'énorme puissance des glaciers et à l'immense durée de leur action. « En effet, disent-ils, on ne peut nier que les « glaciers n'usent le sol sur lequel ils passent ; par conséquent, ils creusent leur lit ; et si cette action dure un « temps suffisant, elle formera une vallée au milieu d'un « massif de roches. »

Voilà, à peu près, le raisonnement. J'accorde l'énorme épaisseur des glaciers, parce qu'elle est attestée par le niveau des blocs erratiques (§ 116 et § 145). Quant à la

[1] *Notice sur les glaciers, les moraines*, etc. Genève, 1840, et *Biblioth. Univ. de Genève*, février 1841.

[2] C'est une des objections que j'avais faites à la théorie de l'affouillement, dans la réunion de la Société helvétique à Lausanne en 1861. Cette objection n'a pas été du goût de M. de Mortillet, qui a publié à ce sujet la phrase suivante : « Favre à la même réunion a invoqué la plasticité de la « glace contre l'affouillement. Pourquoi n'a-t-il pas complété sa démonstra- « tion en établissant que la plasticité s'oppose au polissage et au mouton- « nement des roches ? » (*Atti della Soc. ital. des Sc. nat.*, 1863, V, 255.) La réponse à cette question est simple : le polissage et le moutonnement se voient, tandis que jamais personne n'a vu l'affouillement. M. Desor a soutenu la même thèse que celle que j'avance. Moi-même, en rendant compte de cette discussion, je disais : « Est-ce une raison suffisante pour rejeter la « théorie de l'affouillement ? Loin de nous cette pensée. Mais c'est une raison « pour l'examiner sérieusement et pour ne pas se laisser entraîner par ce « qu'une idée nouvelle peut avoir de séduisant. » (*Archives*, 1863, XVIII, 287.) Il me paraît maintenant que l'examen est achevé.

grande durée de la période glaciaire, personne ne la connaît. Quelles en sont les preuves? Cette idée n'est venue que lorsqu'elle a paru commode pour soutenir une théorie; si, au contraire, la théorie exigeait une période glaciaire de peu de durée, on soutiendrait que cette période a été courte. D'où je conclus qu'on ne sait rien sur ce sujet.

Il faut mettre des limites aux périodes et se garder de croire qu'il suffise de pousser à l'infini une action presque nulle, pour avoir de grands effets. On ne peut pas conclure, en observant une dune en voie de formation, que dans quelques centaines de mille ans, elle deviendra une montagne semblable à l'Himalaya [1]. En voyant un petit cône formé par un volcan de boue, on n'est pas en droit de dire que, dans quelques milliards d'années, il sera converti en vrai Chimborazzo, lors même qu'on invoquerait le métamorphisme pour changer la boue en roche solide.

§ 186. — J'ai publié, il y a quelque temps, une brochure où j'ai cherché à **réfuter les théories** de MM. **Tyndall, Ramsay** et **de Mortillet** [2]. La question n'a pas changé de face depuis lors, quoiqu'on s'en soit occupé [3]. C'est, par conséquent, dans ce travail que je puiserai la plupart de mes raisonnements. Je les appuie sur des observations faites dans des localités qui me sont familières et à la portée de tout le monde, celles des environs de Genève, étant persuadé que l'examen soigné d'une contrée restreinte vaut mieux que des exemples tirés de pays éloignés, visités par un ou deux voyageurs, mais inabordables à presque tous les naturalistes [4].

[1] *Archives*, 1865, XXII, 273.

[2] *Sur l'origine des lacs alpins et des vallées*, Lettre adressée à Sir Roderick J. Murchison, publiée en anglais dans le *Philosoph. Magaz.*, mars 1865, et en français, dans les *Archives*, 1865, XXII, 273.

[3] *Philosoph. Magaz.*, avril 1865.

[4] Je ne parlerai pas des mémoires suivants, quelque intéressants qu'ils

§ 187. — Avant d'entrer en discussion, il est bon, ce me semble, de faire connaître les différents caractères des lacs tels qu'ils ont été tracés par M. Desor[1]. D'après ce savant, tous ceux de la Suisse appartiennent à deux types principaux, les **lacs orographiques** et les **lacs d'érosion.** Les bassins des premiers se rattachent à la structure et à l'origine des montagnes qui les environnent. Ce sont des dépressions ou des déchirures du sol qui remontent à l'époque du soulèvement. Ils sont de trois espèces. La première renferme les **lacs de vallon**; le vallon étant une dépression longitudinale qui se relève plus ou moins fortement sur deux côtés opposés. La seconde espèce contient les **lacs de combe,** dont les deux rives ne sont pas conformes, la combe étant le résultat d'une rupture longitudinale, au sommet ou sur le flanc d'une montagne. Enfin, dans la troisième espèce, on peut placer les **lacs de cluse**: les cluses étant des coupures ou ravins profonds, qui traversent les montagnes perpendiculairement à leur direction. Souvent un lac présente des caractères différents dans ses diverses parties.

Les bassins du second type, c'est-à-dire les lacs d'érosion, ne sont pas un effet direct du soulèvement; ils sont l'œuvre des eaux qui les ont creusés.

Enfin, il est une dernière espèce de lacs qui peuvent appartenir à l'un ou à l'autre type, mais dont le caractère

puissent être. Sir R.-J. Murchison, *Note on communicating the Notes and M of Dr J. Haast upon the glaciers and Rock-basins of New Zealand*, *Quar. Journ. of the Geologic. Society*, 1864, XXI, 129. J. Haast, *Notes on causes which have led to the excavation of deep Lake-basins in Hard R... in the Southern Alps of the New Zealand. Ibid.* 130. — M. Haast soutient que les lacs ont été creusés par les glaciers.

[1] *De la Physionomie des lacs suisses, Revue Suisse*, 1860. — *Actes ... helvétiq.*, Lugano, 1860, p. 123, 132. — *Archives*, 1860, VII, 346

saillant consiste en ce que les eaux s'appuient sur la moraine d'un ancien glacier; ce sont les **lacs de moraine**[1].

Le **lac d'Annecy** est, sans aucun doute, un lac orographique. La presqu'île de Duing formant le prolongement de la montagne de Veyrier, il doit être regardé comme étant en partie un lac de cluse; mais toute la portion placée entre Annecy et Duing est dans une vallée longitudinale, ainsi que celle qui s'étend entre Duing et l'extrémité méridionale du lac; par conséquent, les différentes parties de ce bassin ont des caractères variés. On remarque encore sur ses bords des failles énormes qui terminent plusieurs montagnes par des escarpements considérables.

L'extrémité septentrionale de ce lac est traversée par la ligne de renversement des couches de la lisière des Alpes, qui joue, comme je vais le montrer, un grand rôle dans la configuration du lac de Genève et dans celle des lacs alpins. Le renversement des couches se constate d'un côté, à Vovray et à Ste-Catherine au S. d'Annecy (§ 385), et de l'autre près d'Aviernoz au N.-O. de la ville.

Le **lac de Genève** est également un lac orographique dont l'origine est liée à la formation des montagnes. Il présente, en effet, dans sa partie supérieure les caractères d'un lac de cluse, et ce caractère était bien plus prononcé lorsque la partie basse du Valais n'était pas encore comblée par des atterrissements. La plus grande profondeur du lac est dans la partie moyenne, près de Meillerie, et paraît tout à fait liée à la rapidité des escarpements qui sont sur son bord et aux contournements des couches que l'on y observe. Enfin, dans la partie qui n'est pas éloignée de Genève, je crois qu'on peut le regarder comme un lac de vallon, car les couches

[1] *Actes de la Soc. helvétique réunie à Lugano* en 1861.

de mollasse, qui descendent du coteau de Pregny et qui plongent sous le lac, se relèvent sur la rive opposée pour former le coteau de Cologny. Ce lac est donc orographique, son bassin a été créé en même temps que les montagnes placées sur ses rives; par conséquent, sa formation remonte au temps où la mollasse a été redressée, c'est-à-dire à la fin de l'époque où le terrain tertiaire moyen s'est déposé. Le même raisonnement s'applique à la plupart des lacs des deux versants des Alpes.

On peut voir, dans les Études géologiques sur les Alpes de M. Necker (Préface, p. XXIX et p. 136), qu'il soutient l'idée que la formation des lacs est en rapport avec celle des montagnes. Il en est de même dans les recherches de M. Bigsby sur la géologie du lac La Pluie [1].

Il y a quelques années que M. Boué [2] et M. Leblanc [3] ont tous deux cherché à établir la liaison qui existe entre les lacs et les montagnes placées dans leur voisinage. Ils soutenaient, d'une manière peut-être un peu trop positive, qu'une montagne très-élevée devait se trouver sur les rives de chaque lac.

Ces idées et celles que nous adoptons ont de l'analogie avec l'opinion émise par Robillant dans le siècle dernier. « Les montagnes des Bauges, disait-il en parlant des mon-« tagnes placées entre le lac d'Annecy et Chambéry [4], qui « bordent l'Isère depuis Tournon jusqu'à Montmeillan et « qui de Montmeillan s'étendent à Annecy, sont toutes des « pièces renversées qui, s'étant pliées sur leur ados, sont

[1] *Soc. géolog. de Londres*, 4 janvier 1854. *Athenæum*, n° 1368. *Litterary Gazette*, n° 1950. *Archives*, 1854.

[2] *Journ. de Géologie*, 1831, III, 128.

[3] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1843 XIV, 601.

[4] *Mémoires de l'Acad. de Turin*, I, 204, 1784-85.

« au N., soit au levant, ont laissé un abîme qui forme le « lac d'Annecy, de même que le Mont du Chat et les amas de « rochers au-dessous, vers l'occident de Chambéry du côté « d'Apremont, ont formé un autre abîme qui constitue le « lac du Bourget. Telle semble avoir été l'origine des lacs : « l'on peut conjecturer la même chose de celui de Genève, « du Lac Majeur, etc. »

§ 188. — Pour combattre la **théorie de l'affouillement** qui entraîne dans sa chute celles de MM. Tyndall et Ramsay, j'ai fait remarquer que le glacier du Rhône, en débouchant du Valais, s'est dirigé en ligne droite contre le Chasseron, où les blocs atteignent le maximum de leur hauteur sur les flancs du Jura. Si les vallées ou les lacs avaient été creusés par les glaciers, le lac de Genève devrait s'étendre de l'embouchure du Rhône au Chasseron. Or, il a une tout autre direction, comme on peut le voir sur les cartes de géographie et, en particulier, sur la petite carte publiée par Sir Ch. Lyell[1] ; par conséquent, la forme du lac est sans rapport avec l'ancienne forme du glacier. Dans cette argumentation, qui me semble très-forte, je me suis rencontré avec M. Murchison[2], qui avait employé avant moi et à mon insu le même raisonnement pour combattre les idées de M. Tyndall et celles de M. Ramsay.

Dans l'hypothèse du creusement du lac Léman par un glacier, il serait fort extraordinaire aussi que la plus grande profondeur (265 mètres près de Meillerie et 300 mètres un peu plus à l'O.[3]) fût à l'endroit où le fond est probablement

[1] *Ancienneté de l'homme*, 313.

[2] Adresse à la Société géographique de Londres, 23 mai 1864. On retrouve ce même argument développé par S. Ch. Lyell, *Ancienneté de l'homme*, 327.

[3] Cartes des principales sondes du lac Léman, par H. de la Bèche, 1827. — Carte du canton de Vaud.

de calcaire dur, tandis que plus à l'O., là où le sol est de mollasse tendre, la profondeur n'est que de 30 à 40 mètres. Cette différence s'explique aisément en liant l'origine du lac à celle des montagnes. En effet, près de Meillerie les couches étant très-contournées et souvent verticales, il est naturel que le maximum de profondeur soit dans leur voisinage, tandis que plus près de Genève, où les couches de mollasse descendent des deux rives sous une faible inclinaison, il n'y a pas de raison pour que le lac soit profond.

L'étude des environs de Genève n'a pas été, je crois, sans influence sur la formation de la théorie de l'affouillement. On voit, en effet, en aval de cette ville que le terrain glaciaire (glaise, cailloux striés et blocs erratiques) est superposé aux graviers et aux sables de l'alluvion ancienne, qui ne sont point terreux et qui ne renferment ni cailloux striés, ni blocs erratiques. Il semble donc (mais à tort) que le transport de cette dernière formation est antérieur à l'époque glaciaire; cependant on y trouve des cailloux d'euphotide, qui ne peuvent provenir que du Valais[1]. Comment ces cailloux ont-ils pu traverser la dépression du lac de Genève? Il fallait une explication de ce fait: on a inventé la théorie de l'affouillement.

Mais si le glacier a produit l'affouillement en nettoyant complétement le fond du lac jusqu'à la roche solide, la masse énorme de cailloux qu'il poussait devant lui a dû être mélangée à la couche de boue qui se forme toujours sous un glacier; et si l'alluvion ancienne représente cette

[1] Dans ma lettre en anglais adressée à M. Murchison, citée p. 203 (p. 4 des exemplaires à part), une faute d'impression a fait mettre : *And increasing pebbles (such as those of euphotide) which could not have been derived from the Valais*, tandis qu'il faudrait : *Which could have been derived but from the Valais.*

masse, elle devrait être associée avec de la glaise, des cailloux striés et des blocs erratiques, ce qui n'est pas le cas.

§ 189. — Enfin, voici à la théorie de l'affouillement, une autre objection qui me paraît avoir une certaine importance. Dans cette hypothèse, on attribue au glacier une puissance assez considérable pour avoir retiré d'une grande profondeur les cailloux qui s'étaient entassés dans la dépression du lac. Or, à un kilomètre en aval de Genève, on voit que ce même glacier n'a pas eu une puissance suffisante pour enlever les cailloux de l'alluvion ancienne, puisque ceux-ci sont recouverts par le terrain glaciaire. Ainsi, on prête au glacier une force énorme lorsqu'il est dans le bassin du lac, et on reconnaît qu'il ne l'a plus lorsqu'il en est sorti. Et ce n'est pas seulement à Genève qu'on voit l'alluvion ancienne recouverte par un dépôt glaciaire ; ce même arrangement se rencontre à l'embouchure de la Dranse près de Thonon, dans le Dauphiné d'après M. Lory, etc.

Je ferai encore remarquer que les glaciers dans leur extension n'ont pas même enlevé du fond du lac de Genève la moraine profonde qu'ils y formaient ; car elle est encore représentée par les masses considérables d'argile dont j'ai signalé la présence, à Genève (§ 22), à Hermance (§ 63), à Thonon (§ 39), etc.

Je conclus donc que les glaciers diluviens n'ont pu produire aucun affouillement notable dans le lac, et qu'à plus forte raison ils n'ont creusé ni les bassins des lacs, ni les vallées des montagnes.

§ 190. — Quant à l'**origine de l'alluvion** ancienne, je crois que les matériaux qui la forment ont été charriés et roulés par les torrents qui débouchaient des glaciers du Rhône et de l'Arve (§ 84). Des faits de ce genre se voient en aval des glaciers actuels ; lorsqu'ils arrivent dans

une plaine, il y a presque toujours une certaine étendue de terrain occupée par des cailloux qui sont roulés, arrangés et nivelés par le torrent; ceux qui font partie de l'alluvion ancienne, et qui évidemment viennent du Valais, ont traversé la dépression du lac lorsqu'elle était occupée par la glace; ils ont fait ce voyage à la surface de celle-ci, à l'état de gravier ou de blocs erratiques, et ils n'ont été roulés que lorsqu'ils sont arrivés dans le torrent au pied du glacier. Plus tard, lorsque ce dépôt a été formé et nivelé, le glacier en s'avançant a passé sur lui, et en se retirant, a laissé à sa surface la boue glaciaire, les cailloux striés et les blocs erratiques que nous y voyons encore aujourd'hui. Dans la théorie de l'extension des glaciers, le passage de tous les matériaux alpins au travers ou au-dessus des dépressions des lacs s'explique aisément, et il n'y a aucune raison pour admettre que les bassins des lacs aient été comblés. Cette difficulté, que Playfair avait si bien comprise (§ 178), qu'il l'avait désignée sous le nom de « conservation des lacs, » et que plus tard M. Desor nommait « la persistance des lacs, » est ainsi complétement surmontée.

§ 191.—Si l'on ne jugeait du **comblement des grands lacs au moyen de la glace** que par ce que nous voyons dans les petits bassins lacustres voisins des glaciers des Alpes, on aurait de la peine à croire qu'un glacier puisse envahir un lac de manière à en expulser l'eau. Dans ces bassins, la glace ne descend pas sous l'eau; elle est fondue au contact du liquide et s'avance au-dessus de lui en le touchant à peine. Cette disposition se voit nettement dans la figure donnée par M. Agassiz, du glacier et du lac d'Aletsch [1], et c'est aussi ce qu'on observe au lac de Ruitor (§ 674, Pl. XXVI, fig. 5).

[1] *Etudes sur les glaciers*, pl. 12.

Il paraît que, même dans le Nord, cet arrangement se voit quelquefois, car M. Ch. Martins nous dit, en parlant de l'un des glaciers de Fair-Haven au Spitzberg : « Appuyé « des deux côtés sur le rivage, il surplombait la mer dans « le milieu[1]. » Cet état de choses tient probablement à la rapidité de la marche du glacier, et surtout à la température de la mer. Mais on voit aussi dans les régions septentrionales de nombreux glaciers qui descendent au-dessous du niveau de l'eau, en s'appuyant sur la roche, et qui s'enfoncent jusqu'à ce que la glace ait déplacé une quantité d'eau suffisante pour pouvoir flotter. A ce sujet, M. Ch. Martins nous dit encore (p. 336) que, dans la baie de Baffin, les glaciers descendent dans la mer sans être fondus par elle. Il indique également, d'après John Ross, un glacier de cette mer placé au N. du cap Dudley Digges, qui s'avance de 1800 mètres au delà du rivage. Le Dr Rink assure que les glaciers du Groënland arrivent au-dessous de la mer, et qu'ils cheminent sur son fond[2].

Ainsi, les glaciers ont pu traverser les lacs, parce que, si dans le commencement ils ont été fondus par l'eau, ils ont eu plus tard assez de volume, de puissance et de persistance pour modifier sa température et pour l'expulser du bassin du lac ou la convertir en glace. D'ailleurs, dans le temps où les glaciers s'avançaient peu à peu vers leur maximum de développement, il est probable que les rivières et les lacs contenaient peu d'eau.

[1] Mémoire sur les températures de la Mer Glaciale. Extrait des *Voyages en Scandinavie, en Laponie*, etc., de la Recherche, *Géographie phys.*, II, 316.

[2] *Rinck*, Sur la grande étendue des glaces du Groënland. *Journ. of the Roy. Geograph. Soc. of London*, 1853, XXIII, 145. Extrait. *Archives*, 1854, XXVII, 157 et 163. — Voy. aussi sur ce sujet les observations de M. Ch. Martins sur les glaciers du Spitzberg comparés à ceux de la Suisse, *Bibl. Univ.*, juillet 1840.

§ 192. — Dans l'hypothèse du creusement des lacs par les glaciers, on ne comprend pas pourquoi il n'y a pas de bassins lacustres dans le val d'Aoste, et dans les vallées de l'Arve, de l'Isère ou de la Durance. Les glaciers ont cependant séjourné plus longtemps dans les parties supérieures de ces vallées que dans le bassin du lac Léman, avant, pendant et après l'époque glaciaire. Dans cette hypothèse, on n'explique pas mieux par quelle cause le Mont de Sion subsiste encore. On sait que cette colline, élevée de 275 mètres au-dessus du lac de Genève, joint le Salève au Vouache; qu'elle est formée de mollasse, et que le même glacier auquel on accorde la puissance de creuser le lac de Genève dans les roches calcaires, a passé sur elle en laissant des dépôts glaciaires.

Mais il ne suffit pas de réfuter ces théories; il est convenable de rechercher aussi l'**origine du lac de Genève**, et l'explication que je veux essayer de présenter s'étendra en partie à l'origine des autres lacs alpins. Il me paraît évident que les **vallées de la Savoie et du Valais** sont liées à la structure des montagnes. Elles présentent une régularité remarquable, et sont presque toutes perpendiculaires ou parallèles à la direction générale des Alpes, comme l'indiquent les lignes ponctuées et les lignes noires de la Pl. XXVIII. Parmi les premières, on compte la vallée du Rhône de Martigny au lac; celle de la Dranse, dont le débouché est près de Thonon; celle de l'Arve de Sallanches à Genève; la vallée du lac d'Annecy; celles du Chéran; de l'Isère de Moutiers à Albertville et de Tigne à Bourg-St-Maurice; la vallée du Chapiu; celle de Courmayeur, etc. Parmi celles qui sont parallèles à la chaîne des Alpes, on compte la vallée du Rhône en amont de Martigny; les vallées de Chamonix, de l'Allée-Blanche et d'Entrèves; le

val d'Illiez, la vallée de Mégève et celle de l'Isère en aval d'Albertville et entre le Bourg-St-Maurice et Moutiers. Ne peut-on pas ranger dans cette dernière catégorie de dépressions la partie du lac de Genève située entre cette ville et Rolle, qui est parallèle au grand axe anticlinal de la mollasse? Cet axe s'étend du Salève à Lausanne en passant par Boisy et se prolonge jusqu'en Bavière (§ 203). Cette partie du lac se trouve dans une *auge* formée par les couches de mollasse.

Quant à la portion orientale du lac qui est dirigée de l'O. à l'E. un peu S.-E., et qu'on regarde avec raison comme étant en partie dans une cluse, elle est liée à la forme courbée des montagnes de sa rive méridionale.

Pour le prouver, je pourrais récapituler les directions des couches que j'ai données dans le chapitre où je parle du Chablais (§ 284); mais il vaut mieux encore m'appuyer sur une ancienne et grande autorité que personne ne récusera, et la citation suivante établira que le lac présente à peu près la même courbure que les montagnes. « La direc-« tion commune de ces chaînes et de ces vallées, nous dit « de Saussure[1] en parlant de la région placée sur la rive « droite de l'Arve (entre l'Arve et le Rhône en Valais), est « à peu près celle de la chaîne totale, qui dans notre pays « court du N.-E. au S.-O. Mais cette direction générale varie « en quelques endroits et souffre des inflexions locales. On « voit du haut du Môle, les chaînes de montagnes, qui dans « son voisinage courent à peu près au N.-E., suivre de loin « *la courbure du lac*, et vers la frontière du Valais se diri-« ger à l'E., comme le *fait le lac lui-même* entre Rolle et « Villeneuve. » De Saussure reproduit encore cette idée un peu plus loin, et cette forme peut se reconnaître sur ma

[1] *Voyages*, § 280.

carte géologique de Savoie. On voit donc que, sur la rive droite de l'Arve, on trouve la structure que je désignerai par l'expression de **Chaînes semi-circulaires**, qui est si bien marquée sur la rive gauche de cette même rivière (§ 354).

Ces grands traits, si caractéristiques de la région des Alpes qui nous avoisine, établissent une solidarité évidente entre la forme, la position du bassin du lac, l'orographie du sol et la cause qui a élevé le massif des Alpes au-dessus du niveau moyen des continents.

La position de la plupart des lacs alpins nous révèle encore la liaison qui existe entre les montagnes et les bassins lacustres; presque tous se trouvent à la lisière des Alpes, c'est-à-dire à la jonction des couches de mollasse et des chaînes calcaires. On peut même dire qu'ils pénètrent dans l'intérieur des chaînes, si l'on admet que les marais qui sont presque toujours en amont de ces lacs en font partie. Tels sont les lacs de Genève, de Thoune, de Lucerne, ceux de Zurich, de Constance et de Wallenstadt, qui appartiennent à une seule espèce au point de vue orographique. Dans les Alpes bavaroises et autrichiennes on trouve encore les lacs de Walchen, de Kochel, de Tegern, de Schlier, de Mond, d'Atter, de Traun, etc., à la lisière des montagnes.

Cette position si remarquable est-elle le résultat du hasard, ou n'est-il pas probable qu'elle a été fixée par la loi qui a régi la structure des Alpes et qui a dû présider également à la formation des bassins lacustres près de la limite de cette grande chaîne et de la plaine?

La liaison de la position du lac avec la structure de la chaîne avait été indiquée par de Saussure, lorsqu'en décrivant les montagnes placées sur la rive droite de l'Arve, il remarquait que les plus intérieures *tournent le dos à la partie*

extérieure des Alpes[1]; mais que les chaînes extérieures tournent le dos à la chaîne centrale, c'est-à-dire que leurs couches sont redressées contre le lac de Genève.

Depuis de Saussure le sujet a été éclairci. Il est maintenant reconnu que, sur la plus grande partie de la distance énorme qui sépare les environs de Genève des Alpes orientales en Autriche, il y a eu, à la limite des Alpes et de la plaine, un **renversement des couches** tel que fort souvent les anciennes reposent sur les modernes. J'en parlerai au chapitre des Voirons (§ 265 et suiv.). On comprend qu'un mouvement dans les couches, assez fort pour que celles de la surface du sol arrivent à être renversées, amène, par un système de bascule, un affaissement dans celles qui sont au-dessous. Pour le lac de Genève, en particulier, ce renversement a été bien constaté sur ses deux rives, sur celle du N. aux Playaux près Vevey, et sur la rive méridionale aux Voirons à l'E. de Genève. Ces deux montagnes sont toutes deux à la lisière de la chaîne des Alpes.

Pour bien saisir la liaison qui existe entre le renversement des couches sur cette ligne et les grandes profondeurs du Léman, il faut indiquer, sur la carte des sondages du lac par de la Bèche, la position de la crête des Voirons, celle des Allinges au S. de Thonon et celle des Playaux près Vevey[2]. On peut aussi, et c'est peut-être plus facile, indiquer sur la carte géologique de Savoie que j'ai publiée, les principales profondeurs des sondages du lac devant Meillerie et Évian; on devra ensuite joindre les Voirons et les Playaux par une

[1] *Voyages*, § 282.

[2] Cette montagne, nommée Pleyaux ou Playaux, porte, sur la carte fédérale le nom de Pléiades. Pour en indiquer la position sur ma carte géologique de Savoie, où elle n'est pas marquée, je dirai qu'elle est placée à six kilomètres de l'embouchure de la rivière qui se jette entre Vevey et Corsier, et à cinq kilomètres et demi de la pointe de Montreux.

ligne ayant à peu près la courbure des chaînes du bord du lac, en la faisant passer par le Calvaire (Voirons) composé de macigno alpin, par les points voisins de Lully et de Brécorau où cette même roche se trouve, par les Allinges, par l'endroit où elle se montre dans le lit de la Dranse à quatre kilomètres de Thonon et par la ville d'Évian. Cette ligne, pour aboutir aux Playaux, coupe la rive nord du lac entre Corsier et St-Saphorin; elle indique, à bien peu de chose près, la ligne du renversement des couches qui a eu lieu à la lisière des Alpes. Elle offre un certain parallélisme avec les affleurements des différents terrains tracés sur ma carte géologique de Savoie, et passe au milieu des points où se sont faits les sondages de la plus grande profondeur du lac. Cette profondeur est donc intimement liée au renversement des couches.

§ 193. — La plupart des lacs alpins recouvrent le point où la ligne de dépression et de dislocation des vallées croise la ligne de renversement de la lisière des Alpes. Par conséquent, il est naturel de penser que des terrains renversés et contournés en forme d'auge et de voûte à la lisière des Alpes, sont plus disloqués et ont offert moins de résistance aux agents extérieurs là où ils sont traversés par la ligne des vallées. Mais ce sont surtout les vallées, dont l'origine est associée à celle des montagnes, qui ont déterminé la position des lacs. On voit que je ne suis pas exclusif dans ma théorie, car il m'est impossible de nier que les vallées, après leur formation, n'aient été déblayées et peut-être agrandies par les courants et les glaciers.

Les traits orographiques du sol, tels que je viens de les indiquer, expliquent donc l'origine des bassins lacustres. Par conséquent, la cause première des dépressions semblables à celles du lac de Genève n'est pas une action exté-

rieure au globe terrestre, mais bien la *volcanicité*, ce mot étant pris dans le sens qui lui a été attribué par Humboldt, savoir : l'influence qu'exerce l'intérieur d'une planète sur son enveloppe extérieure, dans les différents stades de son refroidissement.

§ 194. — Telle est l'origine de la configuration du sol des environs de Genève. On y voit les grands traits produits par cette cause mystérieuse qui a donné aux montagnes leur position et leur forme, et aux vallées leur direction et leur dépression. Mais on y trouve encore les preuves de la puissance des agents extérieurs ; on reconnaît surtout celle de l'action des glaciers à laquelle s'ajoute celle des torrents qui les accompagnent toujours. Les glaciers ont arraché des matériaux des hautes montagnes; ils les ont entraînés; ils ont envahi les vallées; les torrents ont formé l'alluvion ancienne ; les glaciers ont étendu le terrain qui porte leur nom, et les eaux ont déposé les alluvions glaciaires. Plus tard, elles seules ont amené l'alluvion des terrasses.

Ces actions variées, qui se sont succédé dans notre pays, donnent la clef de la superposition des différents terrains qui forment le sol de la région que j'ai désignée sous le nom de Plaine ; cependant en dessous des terrains quaternaires on voit encore la mollasse tertiaire, sur laquelle il nous reste à donner quelques détails.

CHAPITRE XI

MOLLASSE DE LA PLAINE DES ENVIRONS DE GENÈVE

Auteurs. Définitions, § 195. — Mollasse de la Suisse. Forme du bassin. Collines, 196. — Nant d'Avanchet, 197. — Coteau de Bernex, 198. — Verrières, 199. — Montoux, 200. — Miolan. Concrétions, leur analyse, 201. — Presinges. Les Voirons, 202. — Boisy, axe anticlinal de 370 kilomètres, 203. — Cologny, exploitation des carrières au-dessous des eaux du lac, 204. — Pregny. Vengerons. Fossiles, 205. — Séparation de la Mollasse et du Macigno alpin, 206. — Absence du grès marin et du nagelflue, 207. — Résumé, 208.

§ 195. — Une grande partie de l'espace que j'ai désigné sous le nom de la Plaine des environs de Genève (§ 1) est occupée par les étages quaternaires que je viens de décrire; mais de puissants ravins sillonnent ces terrains, et des collines à formes arrondies s'élèvent au-dessus du niveau moyen de la plaine; j'étudierai dans ce chapitre la mollasse tertiaire, qui se montre dans ces ravins et dans ces collines.

La mollasse des environs de Genève a été étudiée d'abord par de Saussure, qui la croyait de formation marine, parce qu'elle renferme des charbons fossiles et des pierres calcaires [1]; puis par M. F. Soret [2], qui le premier y a reconnu la présence de coquilles d'eau douce; plus tard par M. Necker [3]; enfin, j'en ai dit quelques mots [4].

[1] *Voyages dans les Alpes*, § 65.

[2] *Bullet. de la Soc. Philomatique de Paris*, 1816, p. 177. (*Société des Naturalistes de Genève*, juillet 1816.)

[3] *Etudes géologiques dans les Alpes*, 1841.

[4] *Considérations géologiques sur le mont Salève*, 1843.

M. Al. Brongniart a caractérisé de la manière suivante la **mollasse du terrain tertiaire** des environs de Genève : *Macigno mollasse, texture grenue, lâche, sableuse, mêlée d'un peu d'argile toujours de mica, presque friable.* Cette roche ne constitue pas à elle seule le terrain tertiaire ; elle est souvent mêlée de marne. Certains bancs, peu nombreux, sont beaucoup plus durs que les autres ; on leur donne avec raison le nom de grès, et au point de vue technologique, on fait une grande différence entre le grès et la mollasse. Çà et là on a trouvé de la mollasse bitumineuse[1] ; mais, sur le sol du canton de Genève, elle n'a pu jusqu'à présent donner lieu à aucune exploitation.

§ 196. — L'étude de la mollasse, dans les parties de la Suisse autres que celles qui nous occupent spécialement, a présenté de sérieuses difficultés. Cependant on est arrivé à fixer d'une manière positive les différents étages qui la composent, ainsi que leur faune, leur flore et la place que cet ensemble doit occuper dans la série des temps qui se sont succédé dans l'histoire de la terre. D'après les études paléontologiques, nos mollasses appartiennent à l'époque tertiaire moyenne ou miocène. Il a fallu, pour obtenir ces résultats, de longues recherches en tête desquelles nous devons placer celles de MM. Studer, Escher de la Linth, Mérian, Greppin, C. Mayer, Kaufmann et celles de MM. les géologues vaudois qui ont fourni de précieux documents à la stratigraphie, à la faune et à la flore de la mollasse. Les végétaux de cette époque ont été décrits avec le plus grand soin par M. le professeur Heer, et les conséquences

[1] Huile de pétrole dans le canton de Genève, *Journal de Genève*, 1826, 1 et 16 novembre, et *Férussac Bullet.*, XI, 221. — Source de bitume minéral à Dardagny, *Férussac Bullet.*, 1829, XVIII, 214.

qui peuvent être déduites de cette étude ont été développées par lui de la manière la plus intéressante [1].

Les différents étages reconnus dans le **terrain tertiaire miocène suisse** sont les suivants :

1. La *mollasse d'eau douce supérieure*, *étage Oeningien*, qui se trouve à Oeningen près du lac de Constance.

2. La *mollasse marine supérieure* ou *étage helvétien*, qui est très-développée dans la Suisse, manque dans le canton de Genève. La limite de cette formation est à environ une lieue au N. de Lausanne.

3. La *mollasse d'eau douce inférieure*, *étage mayencien*, renferme à sa partie supérieure le *grès marin de Bâle-Campagne* et à sa partie inférieure la *mollasse grise*, très-développée aux environs de Lausanne.

4. La *mollasse à lignites inférieures* ou *étage aquitanien* qui contient trois divisions :

   a) Mollasse à lignites, renfermant du gypse à sa partie inférieure ;

   b) Mollasse rouge [2] ;

   c) Grès de Hallingen.

5. La *mollasse marine inférieure*, *étage tongrien*, développé dans les environs de Bâle et dans le Jura bernois. Cette dernière région a été étudiée avec le plus grand soin par M. Greppin [3].

L'étude de la mollasse dans le canton de Genève est fort ingrate, parce que les coupes ne sont pas belles et que le

[1] *Flora tertiaria Helvetica*. Winterthur, 1855, 3 vol. in-fol. et *Recherches sur le climat et la végétation du pays tertiaire*, 1861, 1 vol. en français.

[2] On lit page 8 de l'ouvrage de M. Heer, indiqué ci-dessus, que d'après les débris organiques renfermés dans la Mollasse rouge et dans la Mollasse à lignite, ce savant se croit autorisé à réunir ces deux Mollasses en un seul étage, dont la Mollasse rouge occupe la partie inférieure.

[3] *Mém. de la Soc. helvét. des Sc. nat.*, XIV et XV.

diluvium masque cette formation. Il paraît que la mollasse grise de la mollasse d'eau douce inférieure (étage mayencien) est peu développée dans nos environs, mais on y trouve surtout la mollasse à lignite et la mollasse rouge de l'étage aquitanien. On voit aussi sur les flancs du Salève, à la base de la mollasse et au-dessus du terrain urgonien, une couche de grès renfermant des fossiles marins, qui est associée à un nagelflue calcaire (§ 233), et qui paraît être l'équivalent de l'étage tongrien.

Lorsqu'on examine la base du Jura dans les environs de Genève, on voit qu'elle est formée par les couches du terrain néocomien, qui se relèvent contre cette chaîne. Il en est de même au pied du mont Salève; en sorte que ces couches forment entre les deux montagnes un vaste bassin. Avant que ces assises eussent pris les positions qu'elles occupent maintenant, les mollasses tertiaires marines et lacustres se sont déposées sur elles, et ont participé au mouvement final qui a déterminé la forme du Jura et du Salève; en sorte que si ces couches tertiaires ne présentaient pas vers le milieu de la vallée les dislocations qui ont donné naissance à diverses collines, elles auraient d'une manière générale la forme d'un bassin.

Ces collines atteignent des niveaux assez élevés, comme on va le voir. Pour établir des points de comparaison; je rappellerai que le lac de Genève est à 375 mètres au-dessus du niveau de la mer et que les Tranchées, qui représentent un point du fond du bassin de Genève (sans compter la dénudation de Plainpalais), sont à 407 mètres; or la colline du Grand-Sacconnex et de Pregny s'élève à 469 mètres au-dessus du niveau de la mer; celle de Chouilly à 505 mètres (le terrain qui la compose se prolonge assez loin du côté du N., car on voit la mollasse à Prévessin et à Bossy); la

colline de Bernex atteint 484 mètres; celle de Cologny 499 mètres; celle de Montoux 575 mètres; celle de Boisy 738 mètres, etc.

Le terrain néocomien forme-t-il sous terre, au-dessous de ces collines, des ondulations aussi fortes que celles de la mollasse? C'est assez probable, mais on ne peut le savoir d'une manière certaine; car on comprend aussi que des plis puissent se déterminer dans des couches qui après leur dépôt prennent la forme de bassin.

§ 197. — Les couches de mollasse sont rarement visibles au pied du Jura; cependant elles se montrent à Tutigny près Gex, à Farges et au pied du Vouache. On les observe à la base du Salève, dans les environs de Verrières et de la Grande-Gorge, ainsi qu'au Mont de Sion [1], etc.; nous allons décrire quelques localités.

La mollasse se voit à découvert dans le **nant d'Avanchet**, ruisseau situé sur la rive droite du Rhône près de Vernier. M. Necker en a donné la description [1]; mais il m'est impossible de la mettre d'accord avec le résumé qu'il en fait, ni avec les observations que j'ai recueillies. Ces dernières sont reproduites dans la coupe (Pl. II, fig. 9) où les proportions n'ont pu être gardées. Il me parait assez plausible d'établir avec ce savant la limite qui sépare la mollasse rouge inférieure de la mollasse à gypse et à lignite, immédiatement au-dessous du calcaire marneux fétide. Ce calcaire couronne un promontoire qui forme un angle très-saillant dans le ruisseau et joue un certain rôle dans la description de Necker. Au-dessous de l'église de Vernier, dans un escarpement de mollasse, se voit une faille qui est

[1] Je ne reproduirai pas les détails que M. Necker a donnés sur la plupart de ces endroits.

cachée en partie par la végétation. Lorsqu'on la regarde du fond du nant d'Avanchet, il semble qu'à la gauche se trouve la mollasse rouge, toujours difficile à caractériser, et à la droite une mollasse marneuse qui est au haut de la coupe[1]. La section se présente donc de la manière suivante, en commençant par les couches supérieures situées vers le bas du ravin.

1. Une grande épaisseur de *marne grise*, avec plaquettes de gypse et traces de lignite.

2. *Gypse grenu.*

3. *Marne grise* interrompue par un éboulement.

4. *Gypse.*

5. *Marne* couleur chocolat à taches noires.

6. *Grès micacé;* l'extrémité de la couche est fortement redressée.

7. *Calcaire d'eau douce* fétide; il forme la crête d'un promontoire remarquable.

Toutes ces couches constituent le système de la *mollasse à lignite et à gypse;* au-dessous vient la *mollasse rouge* composée de la manière suivante :

8. *Marnes violettes.*

9. *Mollasse grisâtre.*

10. *Marnes violettes.*

11. *Mollasse rouge* formant l'escarpement inférieur du promontoire.

12. *Mollasse rouge* qui s'étend en couche presque horizontale jusque vers le pont de la route de Genève à Vernier.

Ce ravin, quoique peu étendu, présente cependant à sa

[1] La position de ces couches est retournée sur la figure, parce que cette portion de la section a été rapportée à la rive gauche du nant.

partie supérieure la mollasse à lignite avec des gypses à la partie inférieure, et au-dessous la mollasse rouge. Il y a donc ici de grands rapports entre ces terrains et une partie de ceux des environs de Lausanne, et on peut en reconnaître la position dans la coupe de la mollasse suisse, que j'ai donnée (§ 196). Par conséquent, cette localité est digne d'intérêt.

§ 198. — Plus au S. et au sommet du **coteau de Bernex**, se trouvent d'anciennes exploitations de gypse, ouvertes dans la mollasse dont les marnes se confondent aisément avec les argiles du terrain glaciaire; le calcaire d'eau douce s'y montre parfois. L'ensemble de ces roches paraît indiquer qu'elles sont la continuation de la mollasse supérieure du nant d'Avanchet, qui vraisemblablement se prolonge le long du Rhône, car, en aval du promontoire d'Épeisses (rive gauche), on a observé, il y a quelques années, une couche mince de combustible.

§ 199. — Plus au S. et dans les carrières de la **colline de Verrières**, les couches de mollasse sont redressées de 30° environ contre le Salève; on y exploite un beau grès recouvert par une marne bleue. Il repose sur un calcaire[1] d'eau douce gris brun, qui est probablement l'équivalent de la couche inférieure de la mollasse à lignite et à gypse du nant d'Avanchet. On voit à la surface des bancs de grès les traces des vagues qui agitaient les eaux dans lesquelles ils se sont déposés; elles sont identiques à celles que l'on aperçoit à une certaine profondeur sur les sables du lac de Genève. Ces traces sont des rides à peu près parallèles entre elles et à la montagne, ce qui semble indiquer qu'au moment où les eaux recouvraient ces grès, il se trouvait

[1] Ce calcaire paraît être superposé à un autre banc de grès, d'après M. Necker, *Études géologiques*, 398.

non loin de là un rivage, et que le mont Salève avait déjà en partie son relief actuel.

Des traces de végétaux fossiles indéterminables abondent dans ces couches de grès, de marne et de mollasse, et on y a recueilli aussi des feuilles du *Sabal Lamaonis*, qui fixent l'âge du terrain et qui montrent sa contemporanéité avec les grès exploités à Mornex (§ 235).

§ 200. — En revenant au N.-E. on trouve entre le Salève et les Voirons, la **colline de Monthoux ou Montoux**, qui s'élève à 575 mètres au-dessus de la mer et présente une forme arrondie. Elle est composée de mollasse rouge, et quoiqu'elle soit peu éloignée de Mornex, on n'y voit pas les grès qui sont exploités à ce dernier endroit. Dans le ruisseau placé au N., les couches de mollasse sont dirigées du N. 70° O. au S. 70° E. Cette direction n'a aucun rapport avec celle des couches des autres parties du coteau, qui sont inclinées à l'E. et à l'E.-S.-E., sous un angle qui varie de 15 à 22°, comme le dit de Saussure[1]. La première direction est tout à fait locale, et on peut dire d'une manière générale que les couches de cette colline sont relevées contre le lac. Elles sont le prolongement à peu près exact des couches redressées contre le Salève, qui sont si bien développées au bord de l'Arve près de la Menoge et du Viaison, ainsi que le long de ce dernier torrent. Cette colline est recouverte presque partout de terrain glaciaire qui est mince sur les côtés N. et N.-O., et fort épais du côté opposé. La mollasse se voit près de là dans le lit de la Menoge (§ 272).

§ 201. — Au N.-O. de Montoux, à **Miolan**, le calcaire d'eau douce est si près de la surface du sol que le soc de la

[1] *Voyages*, § 297.

charrue l'atteint. Il est gris-brun, fétide, avec des cypris et des empreintes végétales; on peut le voir à l'O. de l'église de Choulex, et il est traversé par les puits creusés dans ce dernier village. Les inclinaisons des couches se présentent de manière à faire croire que la petite colline de Miolan est un exhaussement ou un bombement de la mollasse. Dans cette localité, de même qu'à Chambésy, à Onex, etc., on trouve au-dessus de la mollasse une marne rougeâtre, œillée, renfermant des **rognons de carbonate de chaux** qui ressemblent à du tuf et présentent souvent des formes bizarres qui ont attiré l'attention de M. Necker. M. le professeur Marignac a bien voulu faire l'analyse des concrétions prises à Miolan et des marnes qui les accompagnent :

(*a*) concrétions; (*b*) marne bleuâtre légèrement ochreuse renfermant les concrétions; (*c*) marne de couleur plus foncée placée au-dessous de la précédente et traversée par des veines rougeâtres.

	(*a*)	(*b*)	(*c*)
Carbonate de chaux. . .	97,04	91,68	45,66
Argile	2,96	8,32	54,34
	100 —	100 —	100 —

Je ne serai pas surpris que ces rognons fussent encore maintenant en voie de formation [1].

§ 202. — Non loin de Miolan du côté de l'O. et près du village de **Presinges**, on voit affleurer la mollasse; elle a été exploitée pendant quelque temps. Les couches semblent plonger du côté des Alpes et sont à une petite profondeur au-dessous du sol, formé de terrain glaciaire.

[1] M. de la Harpe a reconnu des rognons semblables dans les marnes glaciaires des environs de Bussigny, canton de Vaud; il serait disposé à croire qu'ils se sont formés autour de certaines racines pivotantes. *Bull. Soc. Vaud.*, VI, 151.

§ 203.— Au N.-E. de cette dernière localité, le **coteau de Boisy** s'élève à 738 mètres au-dessus de la mer. Sa pente du côté des Alpes est douce et recouverte d'une grande épaisseur de terrain glaciaire qui arrive jusqu'au sommet, tandis qu'elle est fort escarpée du côté du lac. Les couches de la mollasse qui le forment sont redressées à peu près au N.-O.; elles appartiennent à l'étage de la mollasse rouge, et le calcaire d'eau douce ne se montre nulle part.

Près du hameau de Bonnatraix à côté de Sciex, au-dessus de la route de Thonon, l'on exploite une carrière de mollasse dont les couches sont recouvertes par la glaise bleue à cailloux striés et sont dirigées du N. 55° E. au S. 55° O., en plongeant au N. 35° O.; elles sont donc redressées contre les Alpes.

Non loin de cette carrière, dans le lit du Redon et près du moulin de la Serpe, les strates ont la même position; c'est encore la lèvre septentrionale du soulèvement du coteau qui se montre ici. Les couches sont peu inclinées et plongent de 20 à 30° (*a*, Pl. II, fig. 10). En amont du moulin, elles se redressent *(b)* et plongent de 50° en gardant la même direction, puis en continuant à remonter le ravin, on les trouve presque horizontales *(c)*, mais dirigées au N. 5° E. et plongeant de 10 à 15° à l'E. 5° S. Ces couches ont donc une inclinaison opposée à celle des précédentes. Elles constituent la lèvre méridionale du soulèvement de la colline de Boisy, et forment une **ligne anticlinale**[1] qui se distingue nettement malgré les broussailles et le terrain diluvien.

MM. Escher et Studer ont figuré une ligne semblable

[1] Note sur la présence en Savoie de la ligne anticlinale de la mollasse qui traverse la Suisse et une partie de la Bavière. *Archives*, 1862, XIV, 217. — *Bullet. Soc. géol. de France*, 1862, XIX, 928.

sur leur carte géologique de la Suisse. Elle est tracée dans la mollasse, des bords du Rhin près Brégenz à ceux du lac de Thoune; elle reparaît dans le Guggisberg, et on la voit encore à Lausanne, où MM. Gaudin et de Rumine en ont constaté la présence [1]. D'après M. Studer, cette ligne anticlinale, qui n'est pas rectiligne, mais flexueuse ou ondulée, est à environ 10 kilomètres des Alpes calcaires. Ce savant la regarde comme une preuve de la pression latérale exercée par les Alpes sur le sol tertiaire, et cette origine se lie pour lui à la superposition des terrains crétacés ou jurassiques aux terrains tertiaires, fait qui se voit sur une grande longueur dans la chaîne extérieure des Alpes.

En 1860, M. Kaufmann, dans son travail sur la *mollasse des environs de Lucerne* [2], a légèrement modifié la direction qui était assignée à cette ligne sur la carte de MM. Escher et Studer. Il a également observé un autre axe anticlinal plus rapproché des montagnes calcaires que celui qui nous occupe. Je crois, sans être à même de le certifier, en avoir retrouvé le prolongement dans la mollasse des Voirons (Pl. IV, fig. 4).

Le bel atlas géognostique du royaume de Bavière, publié par M. Gumbel en 1861, permet de voir que des environs de Brégenz la ligne anticlinale de la mollasse se prolonge au N.-E. dans la Bavière jusque sur la rive gauche de l'Iller; on peut donc la suivre presque sans interruption des bords de l'Iller jusqu'à ceux du lac Léman près Lausanne, et l'examen de la position des couches du coteau de Boisy nous en a démontré la présence dans le lit du Redon près Sciex.

[1] *Bull. Soc. Vaud.*, 1859, VI, 418. Voyez aussi MM. Renevier et Delaharpe, *Bull. Soc. Vaud.*, 1858, VI, 15.

[2] *Mém. de la Soc. helvét. des Sciences nat.*, 1860.

En cherchant le prolongement de cette ligne anticlinale au S.-O., on croirait la trouver dans la colline de Montoux; mais l'examen de ce coteau ne permet pas d'adopter cette manière de voir; c'est au mont Salève qu'elle reparaît (§ 244). En effet, des deux côtés les couches de mollasse se relèvent contre la montagne dont les couches calcaires forment d'ailleurs un axe anticlinal; car les unes plongent du côté des Alpes, et les autres sont relevées presque verticalement.

Par conséquent, on retrouve dans le **mont Salève** jusqu'à 1000 mètres environ au-dessus du niveau du lac de Genève, la forme d'un axe anticlinal qu'on peut regarder comme le prolongement de celui de Boisy, de Lausanne, de la Suisse et de la Bavière. Cet axe n'a pas moins de 370 kilomètres de longueur, et constitue un trait d'union entre les Alpes occidentales et les Alpes orientales.

Dans les environs du moulin Gorju, au bas du ruisseau qui vient des Nantis, au pied de la colline de Boisy, on exploite une mollasse rouge en couches alternant avec des mollasses et des marnes vertes et grises. Un des bancs est noir et bitumineux; on y voit également du lignite.

Au-dessus de Marignan, on remarque un escarpement ayant plusieurs centaines de pieds de hauteur. Il a été produit, en 1829, par un effondrement ou éboulement considérable, qui a enseveli, dit-on, une forêt de châtaigniers; le terrain éboulé est occupé maintenant par des vignes. Dans les carrières de Prailles et de Massongy, on ne voit que des couches plongeant au S.-E.

§ 204. — En allant à l'O. sur les bords du lac on retrouve la mollasse à la **colline de Cologny** qui en est presque entièrement formée. M. Necker a donné d'intéressants détails sur différents puits qui y ont été creusés. Cette roche

est peu visible sur le versant du côté des Alpes, où elle est recouverte d'une couche épaisse de diluvium; du côté du lac elle est moins éloignée de la surface du sol, et sur les rives elle se montre à une petite profondeur au-dessous de l'eau. On y reconnaît d'anciennes exploitations auxquelles on a attaché une grande importance, parce que l'on a soutenu que ces carrières, maintenant submergées, avaient été exploitées à ciel ouvert, et que leur position démontrait un exhaussement des eaux du lac à une époque récente. Bakewell, dans son voyage en Tarentaise, publié en 1823, avait adopté cette idée qui a été défendue par d'autres avec une grande vivacité. Mais le voyageur Addison raconte que l'exploitation de ces carrières se faisait sous l'eau [1], dès lors leur position est devenue une démonstration de la stabilité du niveau du lac dans les temps modernes.

Les découvertes si curieuses de stations lacustres, faites sur divers points, montrent d'ailleurs que ce niveau n'a pas changé d'une manière sensible depuis les temps pré-historiques, bien que de Saussure ait cru que le lac s'est abaissé sensiblement depuis huit ou dix siècles [2], et que M. Necker ait été disposé à admettre cette manière de voir [3].

§ 205. — Sur la rive opposée à celle de Cologny, la mollasse constitue le **coteau de Pregny**, et on a une coupe détaillée de la succession de ses couches dans le mémoire de MM. de la Rive et Marcet sur la température de la terre [4]. Un puits, qui avait été creusé dans le but de trou-

[1] Addison, *Voyage en Suisse et en Italie*, édit. de Londres, in-4°, 1721, II, 161, et *Transact. Philosoph.* pour 1572, VII. Voyez Notice sur les travaux entrepris sur le niveau des eaux du lac de Genève. *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, 1832, V.—Necker, *Etudes géologiques*, p. 123.

[2] *Voyages*, § 217.

[3] *Etudes géolog.*, 121.

[4] *Soc. de Physique et d'Hist. nat. de Genève*, 1834.

ver des eaux jaillissantes, a traversé non-seulement les 300 pieds dont cette colline s'élève au-dessus du niveau du lac, mais a été conduit jusqu'à 380 pieds de profondeur au-dessous de ce niveau. Or à l'exception d'une cinquantaine de pieds de graviers au sommet, il est entièrement creusé dans la mollasse de couleurs et de natures variées.

Toute la colline de Pregny, du Grand-Sacconnex et de Chambésy est formée de cette roche qui se montre également dans le **ruisseau du Vengeron**; M. Necker s'en est occupé [1].

Le lit de ce ruisseau est creusé dans la mollasse rouge : au-dessus du chemin de fer, le sol est formé par une marne rouge et grise, qui contient quelques traces organiques ayant une ressemblance douteuse avec des végétaux. M. Émile Benoit a publié une note [2] dans laquelle il parle de cette localité ; l'examen de ces empreintes, qu'il regarde comme étant celles de fucus et d'autres considérations, le portent à conclure que la mollasse des environs de Genève est marine. J'ai déjà exposé les raisons qui m'empêchent de croire à l'exactitude de cette assertion [3], et M. Fischer-Ooster est venu étayer ma manière de voir dans une note où il rapporte que M. Ooster a recueilli une *Helix rugulosa* Ziet. Pl. XXIX, fig. 5, dans les roches mêmes que M. Benoit considérait comme marines, et qui sont à environ 50 mètres en amont du viaduc [4].

On voit encore à la partie supérieure des couches, près du pont de la grande route, des assises qui renferment des

[1] *Etudes*, 424.

[2] Note sur les terrains tertiaires entre le Jura et les Alpes, *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1860, XVII, 387.

[3] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1860, IX, 43.

[4] Notice sur la mollasse d'eau douce au Vengeron, près Genève. *Mittheilungen* d. nat. Ges. in Bern, n° 504.

unios, des cyclades, des planorbes, des cypris et des graines de chara. MM. Pictet et Humbert ont décrit deux fragments de tortues trouvés dans cette localité [1], qui appartiennent à des émydes. Ce gisement doit être rapporté à la mollasse inférieure ou mollasse rouge, à l'exception de la couche fossilifère supérieure située près du pont, entre le lac et la route. Le calcaire d'eau douce qui la forme est vraisemblablement la partie inférieure de la mollasse à lignite et à gypse.

Non loin de là, M. Th. de Saussure, le fils d'Horace-Bénédict, a recueilli dans sa campagne de Chambésy un bois de cerf; le mode de pétrification de ce fossile porte à croire qu'il provient de la mollasse plutôt que de l'alluvion des terrasses.

Les couches tertiaires se montrent encore à découvert dans plusieurs autres endroits de la plaine des environs de Genève; mais je n'ai pas d'observations nouvelles à présenter à leur sujet.

Nous venons de voir que sur la rive droite du lac on a recueilli quelques fossiles dans la mollasse; on a également trouvé une omoplate de pachyderme dans les carrières de Mornex (§ 235) et un autre os dans celles de Soral. Nous indiquerons aussi, d'après M. Necker, les fossiles suivants trouvés dans la mollasse à lignite et à gypse:

Helix.	Cyclas.
Bulimus ou Pupa.	Cyrena.
Lymneus.	Cypris.
Paludina.	Dytique ou Hydrophyle.
Melanopsis.	Fragments de végétaux.
Planorbis.	Graines de chara.
Anodonte ou Unio.	

[1] Monographie des chéloniens de la mollasse suisse, *Paléontologie suisse*, 1856. *Archives*, avril 1856.

§ 206. — M. Necker croit que la mollasse à lignite a été déposée dans des cavités de la mollasse rouge. Je ne connais pas de coupes où l'on puisse vérifier cette assertion : mais on peut croire que, dans les roches qui ont aussi peu de consistance que les mollasses, les assises inférieures sont fortement attaquées par les eaux qui déposent les assises supérieures, et qu'il y a toujours des remaniements et des affouillements plus ou moins profonds. Il est probable que les mollasses se sont formées en partie au dépens du grès vert[1], et il serait surprenant que les sables nummulitiques et tongriens n'eussent pas fourni leur contingent à ces énormes assises arénacées.

La variété des éléments qui ont concouru à la formation de ces roches est peut-être une des causes de la difficulté qu'on éprouve à distinguer la mollasse des assises plus anciennes, connues sous le nom de flysch ou macigno alpin. Lorsque ces deux terrains sont en contact, il est difficile de fixer la limite qui les sépare; pour ce motif, M. Benoit a réuni en une même formation le macigno alpin et les mollasses (§ 205); mais trop de bons arguments nous portent à les séparer, pour que l'incertitude qui règne sur la position de leur limite nous autorise à les réunir.

§ 207. — Il y a dans la disposition de notre terrain tertiaire un fait qui m'a surpris dès longtemps et que je signalerai, quoique je ne sache pas en rendre compte. Je veux parler de l'**absence de la mollasse marine** supérieure dans le bassin de Genève ; on n'en a pas reconnu un seul lambeau, des environs de cette ville à ceux de Lausanne, pas plus que dans les collines des Bornes entre le mont Salève et la première chaîne des Alpes. Le grès marin

[1] *Mém. de la Soc. d'Hist. nat. de Neuchâtel*, II, 13.

cesse à une lieue environ au N. de Lausanne, près du village des Croisettes, à 750 ou 800 mètres d'élévation au-dessus de la mer, c'est-à-dire à une hauteur bien supérieure à tout le sol des environs de Genève. Il se montre encore au delà du Fort-de-l'Écluse, près de Bellegarde, ainsi que dans les environs de Chambéry, d'Aix et de Chavanod [1]; en sorte que le bassin de Genève constitue un énorme espace dépourvu de roches tertiaires marines, quoiqu'il en soit entouré.

Je ne puis concevoir que deux manières d'expliquer cette absence du grès marin. On peut supposer que cette roche n'a pas été déposée dans les environs de Genève, ce qui implique l'idée que, par un effet de la configuration du sol, le dépôt n'a pu s'effectuer; alors il faut admettre que cette contrée a été émergée pendant que les environs de Lausanne, ceux de Bellegarde et d'Aix étaient sous les eaux de la mer; les fossiles des grès marins étant semblables dans ces trois localités, il faudrait admettre aussi que la même mer recouvrait ces régions, en contournant la terre des environs de Genève et en s'étendant du côté des Alpes ou du Jura.

Cette hypothèse me paraît nécessiter beaucoup de mouvements dans le sol; aussi serai-je disposé à adopter l'idée que le grès marin a été déposé dans les environs de Genève, puis emporté. Cette dénudation paraît bien considérable; mais les exemples de la grande puissance des agents extérieurs sont nombreux; M. Hopkins [2] et M. Jukes [3] en ont signalé de frappants dans le pays de Weald en Angleterre. M. Ebray s'est également occupé de ce genre d'action [4].

[1] *Bullet. Soc. géologique*, 1844, I, 803.
[2] *Transact. Geolog.*, VII. — Phillips, *Manual of Geology*, 1855, p. 597.
[3] *The Student's Manual*, 1857, 253.
[4] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1860, XVII, 515.

Quoi qu'il en soit de ces deux hypothèses, il est probable que la même action a privé les alentours de Genève de la présence des poudingues, connus sous le nom de Nagelflue.

§ 208. — **En résumé,** il me semble que nos environs ne renferment que l'étage inférieur de la mollasse d'eau douce ou étage aquitanien ; la mollasse rouge et la mollasse à lignite, qui en font partie, y sont très-développées, et on a pu constater la présence de quelques lambeaux de mollasse marine inférieure appartenant probablement à l'étage tongrien.

Des traces plus ou moins fortes de lignite se rencontrent dans la mollasse de Cologny[1], de Dardagny[2], d'Épeisses (§ 198), ainsi que dans les environs de Frangy et de Challonges sur la rive gauche du Rhône, en face des mines du Parc près Seyssel; on y a signalé des dents d'Anthracothérium.

Dans le canton de Vaud, ces lignites forment des dépôts qui ont été exploités. En général, ces combustibles sont au-dessus du calcaire d'eau douce, ce qui confirme la position que leur assigne la coupe du nant d'Avanchet.

La classification de nos mollasses a toujours été problématique, et j'ai cherché à la préciser en les comparant avec les roches tertiaires du canton de Vaud.

[1] Necker, *Etudes*, 406.
[2] De Saussure, § 64.

CHAPITRE XII

LE MONT SALÈVE

I. Auteurs qui ont parlé du mont Salève : De Saussure, De Luc, Bertrand, Alb. Beaumont, Keferstein, M. Elie de Beaumont, Thurmann, Alc. d'Orbigny, Villeneuve, mon Mémoire, § 209. — M. Mousson. Travail sur les Diceras, MM. de Mortillet, Wartmann, Martins, Ruskin, Vogt, 210.

II. Configuration du mont Salève : Est-il jurassique ou alpin ? Axe anticlinal. Description de la montagne, 211. — Vallée de Monetier. La Croisette, 212. — Couches verticales. Les Gorges, 213.

III. Terrains du mont Salève : Coup d'œil d'ensemble, 214. *Terrain jurassique.* Groupe corallien, 215. — Calcaire corallien, 216. — Oolite corallienne, fossiles, 217.

Etage purbeckien, 218.

Terrain néocomien. Valangien, assise inférieure, 219. — Calcaire à Nérinées, 220. — Grand banc, 221. — Calcaire roux, fossiles, 222. — Néocomien moyen et les six groupes de couches qui le composent, 223. — Localités, 224. — Fossiles, 225. — Leur âge, 226. — Terrain urgonien, couche à térébratules, 227. — Fossiles, 228. — Localités, chaux fluatée. Dans la vallée des Usses. Dans le Jura, 229. — Calcaire à Ptérocéra, 230.

Terrain sidérolitique, classé provisoirement. Sa description. Son origine. Sa ressemblance avec le grès marin inférieur et avec les grès nummulitique ou albien, 232.

Terrain tertiaire. Poudingue du grès marin inférieur, sa découverte, ses fossiles, sa description, 233. — Localités diverses, 234. — Terrain de la mollasse proprement dite. Ses caractères. MM. Constant Prévost et de Rouville, grès de Mornex, fossiles, 235. — Au pied N.-O. du Salève, 236.

Terrain quaternaire, blocs erratiques, 237. — Au delà des Usses, limite de trois glaciers, 238. — Blocs perchés, 239. — Erosions, 240. — Glaciers du Salève, 241. — Tuf, 242. — Cavernes, 243.

IV. Structure du mont Salève : Concordance de stratification, 244. Axe anticlinal, faille, refoulement latéral. Coupe du mont Salève, 245.

I. AUTEURS QUI ONT PARLÉ DU MONT SALÈVE

§ 209. — L'histoire des travaux relatifs à la géologie du mont Salève ne peut avoir qu'un intérêt local ; cependant

il me semble que le résumé que je vais en donner, aura l'avantage de retracer les progrès de la science, en même temps qu'il fera connaître les renseignements qui m'ont été fournis pour mon travail.

Peu d'auteurs ont fait du mont Salève une étude spéciale; il n'a guère été mentionné que dans des ouvrages ayant pour but la description géologique de terrains analogues à ceux de cette montagne.

De Saussure est le premier qui en ait parlé en 1779 (Voyages dans les Alpes). Il en décrit la constitution physique, la configuration générale, la nature des roches et mentionne les noms de quelques-uns des fossiles qu'il dit être très-nombreux. **De Luc** le cadet a publié, dans le célèbre ouvrage de de Saussure, la description de deux coquilles fossiles du Salève qui l'avaient frappé par leurs formes bizarres, leur grandeur et leur nouveauté; en 1843, j'ai repris la description de ces fossiles qui appartiennent au genre Diceras, et je les ai figurés. En 1799 De Luc présenta encore, à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, un mémoire dans lequel il donne la description de quelques Nérinées, et combat l'opinion avancée par de Saussure touchant l'origine des cavités et des sillons presque horizontaux, qu'on voit sur la face verticale du mont Salève. De Saussure les croit produits par un grand courant; De Luc cherche à prouver qu'ils sont dus à l'effet de la pluie, des gelées, et peut-être aussi à une action qui eut lieu lors du soulèvement de la montagne[1]. Ce mémoire, publié dans le Journal de Physique[2], est divisé en plusieurs parties. Dans la dernière, l'auteur essaie de démontrer que la gorge de Monetier n'a pas été creusée par un

[1] *Journal de Physique*, VI, brumaire, an 8.
[2] *Journal de Physique*, LI, vendémiaire an 9, et LII, germinal an 9.

courant. Enfin De Luc publia l'an 11 une addition à son mémoire sur une vis pétrifiée (Nérinée [1]).

Dans la description minéralogique du **Département du Mont-Blanc** [2] publiée en 1794, on lit le renseignement suivant : « De Carouge à Annecy, toutes les montagnes « que l'on trouve sont calcaires, soit calcaire primitif, soit « calcaire secondaire. »

Plus loin [3], on ajoute comme nouvelle indication que ces montagnes sont une suite de la chaîne du mont Salève, et que « cette pierre est plus souvent du calcaire originaire, « mais plus souvent encore du calcaire secondaire. » On a maintenant de la peine à comprendre ce que l'auteur a voulu dire.

Louis Bertrand, dans l'ouvrage qui a pour titre *Renouvellements périodiques des continents terrestres* [4], parle souvent du mont Salève et s'occupe du grand courant qui, selon lui, a plus ou moins façonné cette montagne et les environs de Genève. Ce courant jouait alors un rôle d'une certaine importance dans la science.

En 1818, **J.-A. De Luc** donna une notice sur la formation de la vallée de Monetier [5], dont nous parlerons plus tard.

On est frappé, en lisant ces travaux qui datent de la fin du siècle dernier et du commencement du dix-neuvième, de leur parfaite exactitude, mais en même temps de la place accordée à quelques faits qui nous paraissent avoir peu d'importance, comme la description des cavernes et des

[1] *Journal de Physique*, LV, brumaire, an 11.
[2] *Journal des Mines*, t. I, n° V, 15.
[3] *Journal des Mines*, t. I, n° V, 17.
[4] Seconde édition, grand in-8°, Genève, an 11 (1803).
[5] *Naturwissenschaftlicher Anzeiger*, n° 6.

grottes; tandis que nulle part il n'est parlé de l'âge des terrains. Dans ces travaux, on ne cherche point non plus à établir de correspondance entre les couches du Salève et celles des chaînes voisines. Les géologues de notre époque, au contraire, négligent les détails, qu'ils regardent comme des accidents se répétant plus ou moins dans chaque montagne; ils concentrent toutes leurs forces et toutes leurs études sur la solution des questions relatives aux époques de la formation des couches. Dans ce but, ils laissent de côté les caractères physiques sur lesquels on insistait anciennement, pour attacher la plus haute importance aux fossiles dont les De Luc et les de Saussure ne pouvaient tirer parti.

Tous les grands géologues de l'époque de de Saussure étaient, en effet, réduits à ne faire aucun usage des fossiles, personne ne les ayant encore étudiés d'une manière exacte; la paléontologie entière et toutes ses belles conséquences étaient alors inconnues.

Cependant on voit, d'après les soins minutieux que De Luc mettait à décrire les coquilles, qu'il y attachait une grande importance; et de Saussure, ne pouvant embrasser toutes les branches de la science à laquelle il a donné tant de relief, avait également compris l'utilité que pouvait avoir l'étude des *corps organisés qui se trouvent dans la terre.* En effet, on lit dans son Agenda, chapitre XVII de ses Voyages : 7° *Constater s'il y a des coquillages fossiles qui se trouvent dans les montagnes les plus anciennes, et non dans celles d'une formation plus récente, et classer ainsi, s'il est possible, les âges relatifs et les époques de l'apparition des différentes espèces.*

C'est dans le but d'accomplir cette tâche que tant de géologues et de paléontologistes travaillent depuis le com-

mencement de notre siècle, car, pour répondre à de Saussure, il faudrait faire l'histoire complète des terrains de sédiment. Les autres questions du même chapitre de cet Agenda, confirment ce que j'ai dit sur l'importance que son auteur attachait aux fossiles.

M. **Albanis Beaumont** a donné une description très-abrégée du mont Salève [1].

Si nous jugeons de l'opinion de M. **Keferstein** sur la composition géologique de cette montagne par un extrait de son travail [2], nous voyons que ce savant a observé à sa base du calcaire foncé avec des gryphées, des pinnes et des fucus; et dans le haut, un grès semblable au grès vert.

En 1829, M. **Élie de Beaumont**, dans le mémoire où il distingue nettement la formation néocomienne des autres terrains, rapporte les couches du Salève au *greensand* [3]. M. **Boué** dit avec raison que l'on y voit le calcaire jurassique et le système crétacé [4].

Thurmann, après avoir examiné les fossiles de la collection de De Luc, comprit que la partie inférieure de cette montagne est jurassique et la partie supérieure néocomienne. Il pensait que celle-ci devait être recouverte par le grès vert en quelques endroits [5].

De bons renseignements nous ont été fournis sur le Salève par la coupe publiée par M. **A. Escher de la Linth**; mais elle est peu détaillée [6].

Alcide d'Orbigny a soutenu que la première zone de

[1] *Description des Alpes Grecques et Cottiennes*, 1re partie, II, 10, 1802.
[2] Férussac, *Bullet. des Sc. nat.*, 1827, X, 212.
[3] *Annales des Sciences nat.*, 1829, XVIII, 341.
[4] *Guide du géologue voyageur*, 1836, II, 395.
[5] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1838, IX, 435.
[6] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1841, XII, 276.

Rudistes formait la partie supérieure de la montagne[1]; peut-être le *Chama ammonia*, dont j'avais signalé la présence[2], avait-il été pour lui un point de repère.

En 1842, M. **de Villeneuve**[3], ingénieur des mines, a parlé de la petite chaîne qui nous occupe, et il a tracé une section géologique du Jura au Mont-Blanc, qui a bien peu de ressemblance avec celle que nous donnons dans cet ouvrage. Dans sa coupe, la mollasse est tout à fait horizontale, tandis qu'en réalité elle est redressée. La partie qui concerne le Salève lui-même laisse beaucoup à désirer : la couche à *Chama ammonia*, qui est urgonienne, est confondue avec celle des *Diceras Lucii* Defr., qui est corallienne; et l'on voit, dans les terrains qui s'appuient contre les Alpes centrales, le grès houiller reposer sur des grès cambriens passant au gneiss, lesquels sont redressés contre le Mont-Blanc formé de syénite. Presque toutes ces observations devraient être rectifiées.

En 1843, je publiai une notice assez étendue sur la montagne qui nous occupe et sur les environs de Genève[4]; elle sert de base à mon travail actuel; mais j'ai modifié la manière dont les terrains étaient groupés, et la partie relative aux fossiles a subi de plus grandes transformations encore. Celle de mon premier mémoire avait été étudiée avec autant de soin qu'on pouvait le faire dans ce temps; les collections n'étaient pas bien riches alors, et les ouvrages descriptifs manquaient. Aujourd'hui, M. P. de Loriol a bien voulu se charger de refaire toute la partie paléontolo-

[1] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1842, XIII, 153.
[2] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1840, XI, 406.
[3] *Bull. Soc. géol. de France*, 1842, XIII, 429, pl. VI.
[4] Considérations géologiques sur le mont Salève et sur les terrains des environs de Genève, *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, 1843, X.

gique; je ne pouvais être plus heureusement associé, ni avoir un meilleur gage de l'exactitude avec laquelle ce travail serait exécuté. Il y a quelques années que MM. Pictet et de Loriol ont dirigé des fouilles considérables dans le terrain néocomien du mont Salève. Le dernier de ces savants a décrit, dans un ouvrage d'une grande importance, les fossiles qui y ont été recueillis [1]. J'ai puisé dans ce mémoire les renseignements paléontologiques relatifs à une partie de ce terrain. Quant aux fossiles des autres portions de cette formation, ainsi que pour ceux du terrain jurassique, M. de Loriol a fait un travail spécial entièrement nouveau, que j'ai le plaisir de publier ici. J'estime que ces additions importantes, dues à ce savant distingué, constituent le principal mérite de cette nouvelle édition de mon étude sur le mont Salève.

§ 210. — En 1844, après la publication de mon premier mémoire, M. le professeur **Mousson** de Zurich eut l'obligeance de m'envoyer des notes qu'il avait recueillies en 1826; elles étaient accompagnées d'une carte manuscrite et de plusieurs figures de fossiles dessinées avec soin. Parmi les observations consignées dans ces notes, je dois signaler celle relative à une couche fossilifère qui affleure sur la vieille route d'Étrembières, et qui devait être classée, d'après l'auteur, dans le terrain nummulitique ou dans le grès vert, ces deux formations n'étaient pas aussi nettement distinguées alors qu'elles le sont aujourd'hui (§ 233).

J'avais également publié, en 1843, des **observations sur les Diceras** [2]. Dans ce travail, comme dans celui sur le mont Salève, j'identifiais l'*Hippurites Blumenbachii*, qui

[1] *Description des animaux invertébrés fossiles contenus dans l'étage néocomien moyen du mont Salève*, par M. P. de Loriol, in-4°, 1861 et 1863.

[2] *Mém. de la Soc. de Physiq. et d'Hist. nat. de Genève*, 1843, X.

occupe en Suisse un horizon très-connu avec le *Radiolites neocomiensis*, dont la position venait d'être fixée par M. d'Orbigny dans l'échelle des terrains; et ce rapprochement contribua, je crois, à faire classer dans le terrain urgonien une partie des crêtes de nos grandes chaînes calcaires suisses.

Depuis cette époque, MM. **de Mortillet**[1], **Wartmann** et **Charles Martins** ont publié quelques notes sur le Salève; nous y reviendrons. M. **Ruskin** a aussi donné à l'Institution Royale de Londres une séance, dans laquelle la géologie de nos environs a été décrite avec une teinte artistique et poétique[2]. M. **Vogt** a fait également un petit travail assez complet sur le Salève[3]; il est accompagné d'une coupe intéressante que j'ai reproduite Pl. III, fig. 1 (l'explication des signes se trouve § 245).

II. CONFIGURATION DU MONT SALÈVE

§ 211. — Le point du mont Salève le plus rapproché de Genève est à environ une lieue au S.-E. de cette ville. La direction de la montagne est à peu près du N. 29° E. au S. 29° O. Sa longueur, prise d'Étrembières à son extrémité méridionale, est d'un peu plus de 7 lieues (de 25 au degré), et se divise en quatre parties qui sont, en commençant du côté du N.: le Petit Salève (897 mètres au-dessus du niveau de la mer), le Grand Salève (1304 mètres), la chaîne des Pitons (1383 mètres) et la chaîne qui s'étend entre les Usses et le Fier. Le village de Veirier, au pied du chemin du Pas de l'Échelle, peut être regardé comme étant à peu

[1] *Minéralogie et géologie de la Savoie*, 1858.

[2] *The geologist*, 1863, VI, 256 et 321, et *Journal de Genève*, 2 septembre 1863. *Geological Magazine*, 1865, II, 52.

[3] *Livre des familles*, Almanach pour la Suisse française pour 1855.

près au niveau de la plaine, et il est élevé de 429 mètres au-dessus de la mer.

Le Salève forme une île au milieu de l'extrémité méridionale de la plaine suisse, celle-ci est considérablement rétrécie dans les environs de Genève, cependant elle se reconnaît aussi bien par la configuration du pays que par la nature du sol. En effet, elle est occupée par les dépôts quaternaires et par la mollasse dont les couches se redressent de toutes parts contre la montagne. Géographiquement, on regarde le mont Salève comme le premier chaînon des Alpes; mais, par la nature de ses terrains, il a plus de rapports avec le Jura qu'avec ces montagnes. L'étude si approfondie des fossiles de son terrain néocomien, faite par M. de Loriol, a démontré que cette formation offre le *facies jurassique*, et non le *facies alpin*. D'ailleurs la présence dans les Alpes du véritable calcaire nummulitique, et son absence dans le Jura et dans le Salève, paraissent être encore un motif pour rapprocher ces deux dernières montagnes.

Je crois cependant qu'on ne doit lier le Salève ni aux Alpes, ni au Jura, et qu'il est indépendant de l'une et de l'autre chaîne. Il est par sa position dans la longue fissure qu'on observe entre les Alpes et le Jura, et qui sous le nom d'axe anticlinal, s'étend des environs de Genève jusqu'en Bavière (§§ 203, 245). Cette position est exceptionnelle; en effet, sur tout le revers N. des Alpes, en Suisse, en Allemagne et en Autriche, cette montagne est la seule qui soit calcaire et isolée au milieu de la région de la mollasse.

Pour donner une juste idée de la **configuration du mont Salève**, comparé pour la forme au Taygète par Léo-

pold de Buch[1], je ne puis mieux faire que de reproduire quelques lignes de de Saussure, dans lesquelles il s'exprime avec sa clarté ordinaire : « Les bancs de pierre calcaire, « dont tout le corps du mont Salève est composé, dit-il « § 234, ont une inclinaison commune et générale, du côté « des Alpes, vers lesquelles ils descendent. Cette montagne, « qui ne présente à la vallée du lac de Genève que les « tranches escarpées de ses couches, offre à la vallée des « Bornes, et aux Alpes situées au delà de cette montagne, « une pente douce et presque uniforme, mais qui devient « cependant plus rapide vers le bas.

« Dans quelques endroits, et même presque partout, les « couches descendent tout droit du haut de la montagne « jusqu'à son pied ; mais au-dessus de Collonges, le som- « met arrondi en dos d'âne, présente des couches qui des- « cendent de part et d'autre, au S.-E. vers les Alpes, et au « N.-O. vers notre vallée ; avec cette différence que celles « qui descendent vers les Alpes parviennent jusqu'au bas ; « au lieu que celles qui nous regardent sont coupées à pic, « à une grande hauteur.

« Ces deux inclinaisons ne sont pas les seules que l'on « observe dans les bancs du mont Salève, ils en ont encore « une troisième ; ils sont relevés vers le milieu de la lon- « gueur de la montagne et descendent de là vers ses extré- « mités. Cette pente, qui sur le Grand Salève n'est pas « bien sensible, devient très-remarquable au Petit Salève, « et même très-rapide à son extrémité. Les dernières cou- « ches au N., au-dessus d'Étrembières, descendent vers le « N.-N.-E., sous un angle de 40 à 50 degrés. »

Ces dernières couches, dont parle de Saussure, sont le

[1] *Ann. de Chimie et de Physique*, 1823, XXIII, 302.

résultat d'une faille ou d'une rupture qui eut lieu probablement au moment du soulèvement de la montagne, ce qui fait que les couches du Petit Salève, au lieu d'avoir une inclinaison uniforme jusqu'à son extrémité septentrionale, plongent subitement sous la mollasse, qui elle-même est recouverte par le diluvium.

Les couches du Salève s'étendent à peu près horizontalement depuis les Pitons à la Petite Gorge; de là elles sont inclinées du côté du N.-E. jusqu'à Étrembières, comme le dit de Saussure. Depuis les Pitons elles s'abaissent aussi jusqu'au pont de la Caille, où la cluse des Usses permet de voir qu'elles forment une voûte complète. Au delà de cette rivière et dans son voisinage, les couches ont encore la forme de voûte, tandis que, plus au S., la montagne présente une face verticale, semblable à celle du Grand Salève du côté de Genève, mais moins élevée; et elle est divisée en quatre parties par trois cluses qui la traversent.

Il est rare de voir une chaîne se terminer aussi nettement que celle du Salève du côté du N. Elle présente là une structure qui se retrouve souvent aux extrémités des montagnes : l'inclinaison des couches n'est plus perpendiculaire à la direction générale de la montagne, et on voit en allant vers son extrémité que la ligne de leur inclinaison se rapproche peu à peu de celle de la direction générale, et ces deux lignes finissent par être dans un même plan vertical : c'est ce que de Saussure signale en disant que les couches *descendent vers le N.-N.-E.*

Ce savant a observé qu'une partie des couches de la portion supérieure du Grand Salève plonge du côté de notre vallée ; cette inclinaison, qui ne se voit nullement au Petit Salève, se montre un peu au N. de la Croisette, et devient

plus frappante près du pont de la Caille, où les couches présentent la forme d'une voûte.

§ 212. — Entre les deux Salève on remarque une dépression profonde qu'on appelle le **vallon de Monetier**; il n'est pas très-facile de déterminer la manière dont il a été formé. On a imaginé à ce sujet plusieurs hypothèses que J.-A. De Luc a exposées et combattues dans un mémoire que nous avons déjà cité [1].

1. La première consiste à admettre qu'il y a eu rupture dans les couches de la montagne lors de son soulèvement, et que, pour ainsi dire, elle a été cassée.

2. On a supposé que les couches du Petit Salève ont glissé les unes sur les autres et se sont éloignées de celles du Grand Salève.

3. De Saussure croyait que ce vallon devait son origine à un courant descendant des Alpes par la vallée de l'Arve.

4. De Luc lui-même suppose que cette petite vallée est le résultat d'un affaissement.

Il nous semble que, de toutes ces hypothèses, la moins improbable est la première, et que l'on peut attribuer l'origine de ce vallon à une rupture plus ou moins grande ; c'est également l'opinion de M. Vogt [2]; peut-être n'était-ce d'abord qu'une fente déterminée par l'exhaussement de la montagne, qui a été considérablement agrandie par les agents atmosphériques et surtout par les anciens glaciers.

M. le professeur Wartmann, en faisant à propos du vallon de Monetier *l'application de deux théorèmes de géométrie élémentaire* [3], combat l'hypothèse de De Luc que je viens d'indiquer en premier lieu, et admet celle de de Saussure. *Il*

[1] *Geological Travels*, I, § 134, De Luc.
[2] *Almanach pour la Suisse française*, 1855.
[3] *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, 1845, I, 395.

lui semble, dit-il, *hors de doute que la gorge de Monetier a été produite par la disparition d'un fragment de la roche.* Tout en étant d'accord avec M. Wartmann sur cette disparition, je ne crois pas qu'on puisse considérer l'application de semblables théorèmes à des phénomènes du genre de celui qui nous occupe comme fort importante, parce qu'ils ne sont pas le résultat d'une cause simple et unique, et qu'ils ont été produits par la combinaison des actions intérieures et des agents extérieurs. La proportion dans laquelle ces deux causes ont agi a certainement varié pour chaque cas particulier. D'ailleurs, leur application dans cette occasion est basée sur des mesures qui sont très-contestables.

L'origine de la dépression de **la Croisette**, entre le Grand Salève et la chaîne des Pitons, est, je crois, tout autre. Cette petite vallée paraît avoir été formée par un affaissement du sol, ou par un affaiblissement de la force soulevante à cet endroit. Ceci me paraît d'autant plus probable que les couches du Grand Salève plongent du côté du hameau de la Croisette, et que la position de celles placées au S. de ces maisons indique qu'il y a eu dislocation dans ce terrain; car elles plongent au N.-N.-O. avec une inclinaison de 15 à 20 degrés.

Les couches du mont Salève ont une grande régularité sans être horizontales sur toute leur étendue, et on peut dire d'une manière générale que, sauf quelques exceptions, elles sont parallèles entre elles et avec la crête de la montagne. On voit clairement ce parallélisme sur la face tournée du côté de Genève. Ici, comme partout ailleurs, le terrain marneux forme des talus, tandis que les calcaires présentent des escarpements.

§ 213. — « Outre ces grandes couches, dit de Saussure « (*Voyages*, § 235), qui constituent le corps de la montagne,

« et qui peuvent en général être mises dans la classe des « couches horizontales, on en trouve d'autres dont l'incli- « naison est absolument différente. Elles sont situées au « bas du Grand Salève, du côté qui regarde notre vallée ; « on les voit appliquées contre les tranches inférieures des « bancs horizontaux; et elles sont elles-mêmes perpendi- « culaires à l'horizon, ou très-inclinées en appui contre la « montagne. » Et plus loin, le même auteur dit encore : « Ces couches s'élèvent en quelques endroits, par exemple, « entre Veirier et Crevin, à peu près à la moitié de la hau- « teur du Grand Salève. Celles qui touchent immédiatement « la montagne sont les plus inclinées; on en voit là de ver- « ticales, et même quelquefois de renversées en sens con- « traire qui sont soutenues par les plus extérieures. »

Elles se montrent quelque peu dans la chaîne des Pitons et au pied du Petit Salève, d'après M. de Mortillet[1], mais elles manquent dans certaines places, et on voit qu'en s'éboulant elles ont formé des collines de débris au-dessous de l'emplacement qu'elles occupaient jadis. Avant de publier ma description du Salève, je les avais en vain parcourues pour chercher quelques caractères qui pussent déterminer leur âge d'une manière positive, et je n'avais pu y trouver aucun fossile; cependant certaines considérations géologiques me faisaient croire qu'elles devaient être rapportées à la couche inférieure de la formation néocomienne.

M. de Mortillet, dans le travail que je viens de citer, parle beaucoup *des erreurs* et *des inexactitudes* que j'ai commises dans les quelques lignes consacrées aux couches redressées contre la face du Salève ; je n'avais pas en vue les couches placées au bas de la Croisette, dans lesquelles lui et M.

[1] *Bulletin de l'Institut genevois*, 1853, I, 202.

Vogt ont reconnu le terrain urgonien, le néocomien et le prétendu jurassique supérieur, redressés contre la montagne et flanqués extérieurement de la mollasse; je parlais des couches redressées, situées au-dessus de Veirier, et en les rapportant à la partie inférieure de la formation néocomienne, ai-je commis une bien grande erreur? J'ai eu le tort, je le confesse, de ne pas trouver de fossiles. M. de Mortillet a été plus heureux que moi; M. Théobald lui en a montré qu'un carrier avait apportés. « C'était, dit-il, « trois de ces énormes fossiles voisins des *Natica*, qui ont « été plusieurs fois recueillis dans le jurassique supérieur « du vallon de Monetier, et des nérinées. Il n'est pas pos- « sible, dit encore M. de Mortillet, de confondre ce calcaire « avec le néocomien inférieur qui est jaunâtre. » En conséquence, ce savant classe ces couches dans le terrain jurassique, tandis que je les classais dans le terrain néocomien inférieur. Mais voici que, dans le temps où M. de Mortillet adoptait cette manière de voir, M. Desor, à Neuchâtel[1], distinguait des couches jurassiques, celles qui contiennent ces grandes natices, en les nommant Étage Valangien, et en les classant avec le terrain néocomien inférieur; puis les grosses natices ont été décrites, en 1858, par M. Coquand sous le nom de *Strombus Sautieri*[2], et M. le professeur Pictet a établi que ce fossile n'était pas un strombe, mais une vraie natice, et lui a donné le nom de *Natica Leviathan*[3], celui de *Natica Sautieri* appartenant déjà à une autre espèce; ce fossile est connu des géologues comme très-

[1] Quelques mots sur l'étage inférieur du groupe néocomien (étage valangien). *Bullet. de la Soc. des Sc. nat. de Neuchâtel*, 1853, III, 172.

[2] *Mémoire de la Soc. d'émulation du Doubs* 1855, VII, 24.

[3] *Paléontologie suisse*, Description du terrain crétacé de Sainte-Croix, pl. 89.

caractéristique des couches néocomiennes inférieures. Par conséquent, maintenant encore ces couches doivent être classées dans le terrain néocomien inférieur, ou étage valangien. Mon erreur n'était donc pas si grande [1].

On désigne sous le nom de **gorges** les espèces de demi-entonnoirs, qui s'ouvrent à la partie supérieure et dans la face du Grand Salève; chacune a reçu un nom patois, et les principales, en commençant par la plus rapprochée de Monetier, sont : la *Carrière* où se trouve une excellente source, l'*Ortis* ou *Petite-Gorge*, la *Grande-Gorge*, le *Petit-Sarrot*, le *Grand-Sarrot*, la *Varappe*, *Palavet*, *Évorse* et le *Grand-Attena*. Elles sont le résultat d'éboulements successifs; malgré leurs dimensions plus considérables, elles présentent la même forme que les érosions qui sillonnent les falaises des bords de l'Arve et du Rhône dans notre canton, et qui se forment journellement. Elles ont, je pense, la même origine.

Ces anfractuosités facilitent l'étude de la structure du mont Salève, car elles permettent de parcourir la face du côté de notre vallée, et mettent au jour certains arrangements de couches dont je parlerai plus loin. C'est dans leurs flancs qu'on a découvert beaucoup de fossiles, particulièrement dans la partie N. de la Petite-Gorge, dans le centre de la Grande-Gorge et dans la Varappe, où MM. Pictet et de Loriol ont recueilli de grandes richesses paléontologiques.

[1] Dernièrement, M. Ruskin a nié la présence de ces couches redressées. Il pense que les divisions que l'on voit dans les roches sont produites par le clivage, et que les couches presque horizontales de la montagne se prolongent dans celles que l'on croit verticales. *The Geologist*, 1863, VI, 257.

III. TERRAINS DU MONT SALÈVE

§ 214. — Je décrirai les couches et les terrains qui forment la montagne du Salève, en commençant par les inférieurs et finissant par les supérieurs. Cet ordre est le plus logique, puisque, dans la description de l'écorce du globe et dans son histoire, on procède ainsi de l'ancien au moderne. Comme les roches qui forment la partie supérieure de la montagne, ressemblent à celles de la partie inférieure, il s'ensuit qu'en observant seulement la base et le sommet, on pourrait croire que la montagne entière est formée d'une seule roche. Mais un examen plus attentif dénote de grandes différences dans les caractères zoologiques des couches, et démontre que, pour leur âge, celles d'en haut correspondent exactement à certains terrains néocomiens du Midi de la France, nommés première zone de Rudistes ou terrain urgonien par M. d'Orbigny; celles du milieu sont semblables au néocomien de Neuchâtel, tandis que les couches inférieures sont jurassiques.

Tout cet ensemble forme la masse de la montagne; à sa surface se trouvent des dépôts sidérolitiques et des roches éparses du terrain erratique; nous en dirons quelques mots, ainsi que des terrains tertiaires. Nous diviserons donc la partie de ce travail qui traite de ces formations en quatre parties, comme l'indique le tableau suivant.

TERRAINS	ÉTAGES	SUBDIVISIONS	
Quaternaire		3. Alluvions des terrasses	§ 24
		2. Terrain glaciaire	238
		1. Alluvion ancienne	78
Tertiaire	*C*. Grès marin (manque).		
	B. Mollasse d'eau douce § 235	3. supérieure.	
		2. moyenne.	
		1. inférieure.	
	A. Poudingue et grès marins		233
	Terrain sidérolitique ?		231
Néocomien	*C*. Supérieur ou urgonien	2. Calcaire à *Pterocera pelagi*	230
		1. Ter. urgonien proprement dit.	227
	B. Moyen	6. Calcaire jaune [1]	223
		5. Calc. marneux à céphalopodes.	223
		4. Marne argileuse panachée.	223
		3. Marne verte	223
		2. Marnes panachées à grands peignes, *Lima Picteti*, etc.	223
		1. Calcaire jaune à *ostrea rectangularis*, Rœm.	223
	A. Inférieur ou valangien	4. Calcaire roux	222
		3. Calcaire du grand banc [2]	221
		2. Calcaire à *Nerinea Favrina*	220
		1. Couche du banc de fer	219
Purbeckien	(manque)		218
Jurassique	Corallien	2. Oolite corallienne	217
		1. Calcaire corallien	216

TERRAIN JURASSIQUE

§ 215. — La formation jurassique est très-développée au Salève; cependant elle est moins étendue que je ne le pensais en 1843 [3]. Les études faites dès lors dans le Jura,

[1] Nous avons réuni, M. de Loriol et moi, en une seule couche, les couches *c*, *d* et *e* de mon travail de 1843, parce que la couche marneuse *d*, qui sépare les deux couches calcaires *c* et *e*, n'offre pas de permanence. M. de Loriol a subdivisé en quatre couches (2, 3, 4, 5) celle que j'avais d'abord nommée *b*.

[2] Cette couche n° 3 est celle qui portait la lettre *c* en 1843, celle de dessous, n° 2, correspond à *b*, et le n° 1 à *a* de la division du Portlandien.

[3] C'est sans doute par inadvertance que feu M. Thiollière, dont les beaux

ont constaté que le terrain néocomien inférieur ou valangien présente une épaisseur inconnue à cette époque, et qu'il renferme une partie des terrains classés dans l'étage jurassique supérieur. Les couches de cet étage, qui font partie du mont Salève, ont subi les mêmes péripéties que leurs contemporaines du Jura. Je rangeai naguère (avec doute) dans l'étage portlandien le terrain jurassique superposé à l'oolite corallienne; maintenant, ces mêmes couches doivent être classées dans le terrain néocomien inférieur ou valangien [1]. La formation jurassique du Salève ne renferme donc plus qu'un seul groupe, le corallien, qui n'est peut-être qu'un des facies d'un grand dépôt marin dont une autre partie a été rapportée à un âge différent.

GROUPE CORALLIEN

§ 216. — Cet étage constitue une portion notable de la montagne et s'étend de sa base jusqu'au-dessus du village de Monetier. Il renferme beaucoup de fossiles, surtout des polypiers, qui sont assez nombreux pour faire croire que toute la partie de la montagne formée par ce terrain, n'est qu'un ancien récif de coraux [2]. On peut diviser cet étage

travaux ont marqué la trop courte carrière scientifique, place au Salève la couche à *Terebratula diphya* et à *Ammonites Tatricus* (*Bullet. Soc. géolog. de France*, 1847, V, 34). Il aura voulu parler des Voirons.

[1] La *Natica Leviathan* est, comme je l'ai déjà dit, caractéristique du terrain néocomien inférieur. On a cru pendant longtemps que ce fossile appartenait aux couches portlandiennes. Un habile et consciencieux observateur, M. Lory, disait en 1852 en parlant de l'assise supérieure du terrain portlandien : « Mais au Salève, cette assise supérieure manque, et le terrain « néocomien repose immédiatement sur les bancs compactes, contenant les « grands gastéropodes qui sont la partie moyenne de l'étage portlandien, « etc. » *Bullet. Soc. géolog. de Fr.*, 1852, IX, 237.

[2] La mer où se développait ce récif était celle du grand *étage tithonique* de M. Oppel, lequel renfermait d'après lui le terrain jurassique supérieur et le néocomien inférieur ; le terrain corallien est un facies de cette époque, et

corallien en deux assises, qui diffèrent par leurs caractères minéralogiques et par les débris organiques qu'elles contiennent : à la partie inférieure se trouve le calcaire corallien et à la partie supérieure l'oolite corallienne.

a) **Calcaire corallien.** La roche principale est un calcaire blanchâtre, jaunâtre ou brunâtre, toujours de couleur claire, cassant, presque fragile. On peut encore distinguer deux divisions dans cette assise. *L'inférieure* est composée d'un calcaire blanc pur, renfermant souvent de petites lamelles cristallines, spathiques et formées par des piquants d'oursins, d'autres fois blanc, saccharoïde et rappelant le marbre statuaire, enfin terreux, quelque peu oolitique et renfermant des cristaux de chaux carbonatée. *La division supérieure* contient des calcaires blanchâtres, jaunâtres, grisâtres et des bancs d'un calcaire oolitique très-dur. Dans certaines couches marno-compactes, les lamelles spathiques abondent.

Les fossiles du calcaire corallien sont de très-nombreux polypiers, quelques échinodermes, quelques brachiopodes et quelques peignes assez mal conservés. La division inférieure forme les escarpements qui dominent le Pas de l'Échelle, où l'on voit très-bien l'immense quantité de polypiers que cette assise renferme [1]. La division supérieure s'étend de là jusqu'au contact de l'oolite corallienne. Les deux divisions se voient dans la Grande-Gorge.

§ 217. — *b)* **Oolite corallienne.** Le fossile le plus

le calcaire des Voirons qui passait pour oxfordien est un autre facies. Voyez Voirons, § 266, et *Zeitsch. d. deutsche geolog. Gesellsch.* Jahr. 1865. *Archives*, 1866, XXV, 63.

[1] Il est peut-être bon de faire remarquer que la présence de tous ces polypiers vient à l'appui de l'idée que le calcaire a une origine organique. M. Sorby a fait sur ce sujet d'intéressantes observations microscopiques. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1860, XVII, 72.

caractéristique de cette assise appartient au genre Diceras, mais on ne l'a pas nommée calcaire à Diceras, de peur de compliquer la synonymie et d'amener une confusion avec le calcaire à Dicérates de M. Élie de Beaumont, qui se rapporte au terrain urgonien ou néocomien supérieur. On peut distinguer dans cette assise :

1° *La couche inférieure ;* formée d'oolites très-fines, presque microscopiques, donnant à la roche un aspect crayeux. Elle est tenace, très-sonore, à cassure terreuse, rude au toucher ; elle se délite en plaques d'un blanc grisâtre, contient des rognons plus ou moins gros, formés par des polypiers dont l'aspect est compacte, et dont on ne peut souvent discerner la structure, que lorsqu'ils sont polis. Cette roche contient des géodes de chaux carbonatée.

2° *La couche supérieure* ou *oolite corallienne* proprement dite, composée d'oolites plus ou moins grosses, agglutinées par un ciment calcaire. Les grosses oolites ont souvent au centre un fragment de fossile ; d'autres sont formées uniquement par le calcaire compacte ou oolitique de la couche précédente. L'air a une grande action sur cette roche, qui se délite en fragments plus ou moins rectangulaires.

L'assise de l'oolite corallienne renferme une assez grande quantité de débris organiques, difficiles à détacher, et dont voici l'énumération.

Fossiles de l'oolite corallienne.

Nerinea depressa, Voltz.
» Defrancii, Deshayes.
» dilatata, d'Orbigny . . . . . Pl. A, f. 1-2.
» Moreana, d'Orb.
» Salevensis, de Loriol . . . . . Pl. A, f. 5 a, 5 b.
Itieria Renevieri, de Loriol . . . . . Pl. A, f. 3, 4.

Pseudomelania Calypso, d'Orb.
» Clio, d'Orb. . . . . Pl. A, f. 6.
Cerithium nodoso-striatum, Peters . . . . . Pl. A, f. 8.
» Salevense, de Loriol . . . . . Pl. A, f. 7.
» Monetierense, de L. . . . . Pl. A, f. 9.
Natica Dejanira, d'Orb.
Neritopsis Mortilleti, de L. . . . . Pl. A, f. 10.
Pleurotomaria, Sp.
Patella Salevensis, de L. . . . . Pl. A, f. 11.

Cardium Corallinum, Leymerie.
Corbis Salevensis, de L. . . . . Pl. A, f. 13.
Cardita Studeriana, de L.. . . . . Pl. A, f. 12.
Lithodomus Lucii, de L. . . . . Pl. A, f. 18.
Diceras Lucii, Defrance.
Diceras Escheri, de L. . . . . Pl. A, f. 14-17.
Avicula, Sp.
Trichites Saussurii, Deshayes.
Lima Comatula, Buvignier . . . . . Pl. A, f. 19-20.
Lima Salevensis, de L. . . . . Pl. A, f. 21-22.
Pecten subspinosus, Schlotheim. . . . . Pl. B, f. 3.
» globosus, Quenstedt.
» Rochati, de L.. . . . . Pl. B, f. 1-2.
Placunopsis Pictetianus, de L . . . . . Pl. B, f. 4, 5.
Ostrea, Sp.

Terebratula Moravica, Glocker . . . . . Pl. B, f. 6.
» Bieskidensis, Zeuschner. . . . . Pl. B, f. 7.
» formosa, Suess . . . . . Pl. B, f. 8.
» insignis, Schübler.
Rhynchonella Astieriana, d'Orb.. . . . . Pl. B, f. 9-10.
» lacunosa (Schl.), d'Orb. . . . . Pl. B, f. 11.
Pygurus Blumenbachi, Ag. (Koch et Dunker).
Desorella Icaunensis, Cotteau . . . . . Pl. B, f. 13.
Cidaris Carinifera, Agassiz . . . . . Pl. B, f. 12.
Millericrinus, Sp.

Calamophyllia Stockesi, Edw. et Haime. . . . . Pl. B, f. 16.

Rabdophyllia, Sp.
Goniocora, Sp.
Stylina hirta, E. de Fr. . . . . Pl. B, f. 14.
Thamnastræa Genevensis, Defrance . . . . . Pl. B, f. 15.
» dendroidea (Lamouroux), Blainv.
Centrastræa communis, E. de From.
Microsolena racemosa (Michelin), Edw. et H.
» rotata, E. de From.

TERRAIN PURBECKIEN

§ 218. — Depuis quelques années on a fait, dans le Jura et dans quelques parties de la France, une observation des plus curieuses. On a constaté au-dessus du terrain jurassique, avec fossiles marins et bancs de coraux, la présence d'un terrain d'eau douce, déjà connu en Angleterre et qui a une épaisseur notable dans le Jura[1]; il est aussi fort puissant dans certaines parties plus septentrionales de l'Europe[2]. Cette formation est recouverte par toute la grande série des roches marines de l'époque néocomienne; en sorte qu'elle atteste l'ancienne existence d'un lac d'eau douce, très-étendu, qui est venu interrompre la série des dépôts marins. Or, un lac ne peut se former que dans une île ou un continent plus ou moins grand, et nous pouvons conclure de la présence de ce terrain d'eau douce, que les mouvements du sol à l'époque qui a suivi les dépôts jurassiques et précédé les dépôts crétacés, ont été très-considérables; mais nous ne pouvons les préciser.

Ce terrain, auquel on a donné différents noms, tels que :

[1] MM. Desor et Gressly l'avaient nommé Dubisien, de *Dubis*, le Doubs. *Mém. de la Soc. de Neuchâtel*, 1859, IV.

[2] MM. de Loriol et Jaccard viennent de publier une étude géologique et paléontologique très-complète de la formation d'eau douce infra-crétacée du Jura, et en particulier, de Villers-le-lac (Doubs); *Mém. Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, 1865, XVIII.

marne de Villars, dubisien, etc., et auquel celui de terrain purbeckien doit rester, parce qu'il est contemporain des couches de Purbeck, en Angleterre, se trouve-t-il au Salève? Nous l'avons cherché, M. de Loriol et moi, dans la carrière placée sur le vieux chemin de Monetier au Grand Salève, et nous avons vu que la couche qui renferme les *Natica Leviathan*, est en contact avec l'oolite corallienne qui contient les *Diceras Lucii* (§ 219); par conséquent, sur ce point, le valangien touche le jurassique, et le purbeckien manque. Sur le sentier de la Grande Gorge, on voit, comme l'indique la coupe, Pl. III, fig. 6, un calcaire bréchiforme avec des cailloux noirs (n° 9), qui ressemble d'une manière frappante aux couches de purbeck des environs de Neuchâtel. Mais, sauf cette analogie, je n'ai aucune preuve que cette couche appartienne à cet étage.

TERRAIN NÉOCOMIEN

§ 219. — On trouve dans le mont Salève les étages inférieur et moyen, et la partie inférieure de l'étage supérieur du terrain néocomien.

A. *Étage néocomien inférieur ou valangien.*

On peut reconnaître dans l'étage désigné par ce nom, quatre assises.

1. L'**assise du banc de fer,** immédiatement au-dessus de l'oolite corallienne, formée d'un calcaire grisâtre, jaunâtre, roussâtre, rude au toucher et à cassure grenue. Elle contient des parties bleuâtres qui sont très-marquées et se voit sur le flanc du Petit Salève près du village de Monetier et dans la carrière du vieux chemin du Grand Salève.

Cette carrière est ouverte dans l'oolite corallienne, dont la partie supérieure est blanche, farineuse, et renferme des polypiers et des *Diceras Lucii*. Au-dessus de cette couche est un banc calcaire, à la surface duquel se montrent de nombreuses nérinées à formes valangiennes, entre autres la *Nerinea Marcousana* d'Orb., et quelques *Natica Leviathan*, à ce que disent les ouvriers. Ceux-ci ont donné le nom de Banc de fer à une couche d'un calcaire très-dur qui repose sur la précédente, et où on voit encore souvent cette même natice. Au-dessus se trouve un calcaire marneux, bleuâtre et brunâtre, traversé par de nombreuses veines charbonneuses verticales. A la première vue, je l'aurai pris pour une couche d'eau douce, mais, quoique peu éloigné de la place qui devrait être occupée par le terrain purbeckien, il ne peut lui être rapporté; car il est supérieur aux couches valangiennes à *Natica Leviathan*.

Cette roche est à environ 20 mètres au-dessous du grand banc calcaire qui se dessine si nettement sur les flancs du Grand Salève du côté de Monetier. Elle correspond probablement à celle du sol de la Balme du Démon au Petit Salève. Nous avons recueilli un fossile qui paraît être la *Natica Leviathan*, en face de la porte d'entrée du château de l'Hermitage, ce qui nous engagerait à classer ces roches dans l'étage valangien, ainsi que celles de la Balme de l'Hermitage dont de Saussure a donné la coupe[1], et dans lesquelles il a constaté quelques traces de charbon qui n'ont aucune importance industrielle[2]. Mais nous n'avons pas de preuves directes à l'appui de cette classification.

[1] *Voyages*, § 247.

[2] *Journal des Mines*, II, 36-44, et Senebier dans son travail sur l'augmentation du prix du bois à Genève. *Journal de Genève*, 1787, p. 70, 7[illegible], 100, 103. De Saussure, dans un discours fait à la fête des promotions en 1769, s'était occupé de cette question, et Senebier avait publié une suite de lettres sur les avantages du charbon de pierre.

§ 220. — 2. Les **assises du calcaire à Nerinea Favrina et à N. Marcousana** sont marneuses, bleuâtres, grisâtres ou roussâtres, peu dures, à cassure inégale et raboteuse; quelques couches se désagrégent si facilement à l'air qu'on ne peut en tirer des échantillons. Elles renferment des fossiles à l'état de moules, et ils sont en général mal conservés. On en voit sur les pentes du Grand et du Petit Salève, au-dessus de Monetier et à la Balme du Démon. J'ai pris avec M. de Loriol la coupe suivante dans cette dernière localité. Au-dessous du calcaire jaune à *Nerinea Favrina* Pict. et Camp. et à *N. Marcousana* Pict. et Camp., formant le *Grand Banc* de rochers qui se dessine sur les flancs des deux Salève et que nous regardons comme l'assise supérieure du terrain valangien, on trouve en allant de haut en bas :

1. Marne jaune. . . . . $0^m,30$
2. Calcaire marneux jaune . . . . . 2^m
3. Marne grise, jaune et noire, avec sulfate de fer et traces de lignite . . . . . $0^m,50$
4. Calcaire sableux, ayant l'apparence d'un grès rouge, avec nérinées et natices . . . . . 1^m
5. Calcaire avec perforations remplies de spath calcaire, *Nerinea Favrina* . . . . . 2^m
6. Marne calcaire rouge et jaune à rognons (Ostrea) . . . . . $1^m,50$
7. Marne grise et jaune, avec de petits points noirs qui paraissent être des végétaux . . . . 1^m

Cette couche repose sur le sol calcaire de la Balme du Démon, qui paraît être encore valangien.

§ 221. — 3. **Assise du Grand Banc** formée d'un calcaire blanchâtre, jaunâtre plus compacte et moins marneux que certaines couches supérieures du calcaire corallien qui

lui ressemblent. Cette roche a une cassure esquilleuse à arêtes vives; elle est à grains spathiques, jaunâtre à l'intérieur, et d'un bleu grisâtre à l'extérieur; ce dernier caractère, quoique peu rigoureux, est cependant fort utile; car il permet, lorsqu'on en a une certaine habitude, de distinguer de loin cette assise. Dans sa partie inférieure, elle devient plus marneuse et passe à celle qui est au-dessous; on les distingue l'une de l'autre par la manière différente dont les agents atmosphériques corrodent leur surface.

La couche supérieure de cette assise est formée d'un calcaire blanc, qu'on peut aisément confondre avec le calcaire urgonien ou avec le corallien supérieur. Sa cassure est conchoïdale, et sa résistance au choc du marteau est faible. Les fossiles y sont peu nombreux.

Comme je l'ai dit, ce Grand Banc affleure des deux côtés du vallon de Monetier; sur le Grand Salève, il s'étend du tournant du vieux chemin de la montagne jusque près de la colline nommée Sur le Mont. Cette couche porte le n° 7 dans la figure 2, Pl. III.

§ 222. — 4. L'**assise du calcaire roux**, partie supérieure de l'étage valangien, est composée d'un calcaire marneux gris, bleuâtre; lorsqu'il est altéré par l'humidité, il devient presque toujours roussâtre, ce que lui a fait donner son nom. Dans sa cassure, il a un aspect cristallin, oolitique, très-fin, qui lui donne du rapport avec un grès; on y voit parfois des lamelles miroitantes intercalées avec de petits nids de matière ferrugineuse et des fragments de coquilles. Sa ténacité et sa résistance au choc du marteau sont beaucoup plus grandes que celles des autres couches valangiennes.

Les fossiles y sont peu nombreux et très-mal conservés; ce sont des tiges de végétaux et des huîtres. M. de Loriol

et moi, nous y avons recueilli des radioles de cidaris et des pentacrines[1]; M. Desor a reconnu les premiers pour appartenir au *Cidaris pretiosa* Des. et les secondes pour être valangiennes, quoiqu'elles ne soient pas décrites.

Ce calcaire roux affleure dans les pentes au-dessus de Monetier et dans la Grande Gorge. Déjà en 1843, j'avais identifié cette couche avec celle que l'on voit près du pont de Valangin, canton de Neuchâtel, sur la rive gauche du Seyon.

Les fossiles trouvés dans ces diverses couches sont les suivants :

Nerinea Favrina, Pict. et Camp.	Pl. B, f. 17-18.
» Marcousana, Pict. et Camp.	Pl. B, f. 21, 22, 23.
» funifera, Pict. et Camp.	Pl. B, f. 19-20.
Cerithium Brotianum, de L.	Pl. B, f. 24.
Natica Leviathan, Pict. et Camp.	
Pterocera Desori, Pict. et Camp.	Pl. B, f. 27-28.
Aporrhais Saussureanus, de L.	Pl. B, f. 26.
» Valangiensis, Pict. et Camp.	Pl. B, f. 25.
Cidaris pretiosa, Desor.	
Quelques bivalves mal conservés.	

B. *Étage néocomien moyen.*

§ 223. — Cet étage, qui est très-calcaire à sa partie supérieure et très-marneux à sa partie inférieure, présente au Salève la composition suivante, en commençant par le haut :

6. Calcaire jaune ; on voit à la partie supérieure de la Grande-Gorge qu'il se divise de haut en bas, en calcaire jaunâtre à grains verts, en calcaire marneux à grains verts et en calcaire jaune proprement dit.

[1] Mémoire cité, p. 5.

5. Calcaire marneux à rognons avec grands céphalopodes.

4. Marnes argileuses, panachées, très-fossilifères, semblables au n° 2.

3. Petite couche de marne verte remplie de fossiles.

2. Marnes argileuses, panachées, bleues et jaunes, avec grands peignes, *Lima pseudoproboscidea* de L. (anc. *L. Puteti* de L.), etc.

1. Calcaire jaune à *Ostrea rectangularis* Rœm. (*O. Macroptera* d'Orb., non Sow.) reposant sur le valangien.

Nous donnerons quelques détails sur chacune de ces couches en ayant souvent recours au travail de M. de Loriol.

N° 1. Le calcaire jaune à Ostrea rectangularis Rœm. est dur, ferrugineux et se trouve sur le calcaire roux valangien (sentier de la Traversière près des Pitons, Grande et Petite Gorge). Il renferme beaucoup de fossiles appartenant à un petit nombre d'espèces (voyez § 225); la plupart sont altérés et paraissent avoir été charriés. Les débris de l'*Ostrea rectangularis* Rœm. sont quelquefois si nombreux que la roche est une vraie lumachelle. La faune paraît correspondre, d'après M. de Loriol, à la division inférieure des marnes d'Hauterive, signalée par M. Marcou [1]. M. de Mortillet [2] a trouvé cette couche au Mont du Chat, à la montagne de St-Innocent près d'Aix et au Vouache. On en constate également la présence à Neuchâtel, en France et dans le Hanovre [3].

Les couches n°s 2 et 4 : marnes argileuses, panachées, sont composées d'environ 1^m,50 de marnes fossilifères, tendres et de couleurs variées. Elles sont séparées

[1] Recherches géologiques sur le Jura salinois. *Mém. Soc. géolog. de Fr.* 1846, III, et *Archives*, 1859, IV, 122.

[2] *Minéralogie et géologie de la Savoie*, p. 227-232.

[3] De Loriol, Mémoire cité.

l'une de l'autre par l'assise n° 3 des marnes vertes dont je parlerai plus loin. On ne peut distinguer les fossiles qui sont les mêmes dans les deux couches, à moins de les recueillir en place; car les marnes ont la même apparence. Toutefois le *Pecten Goldfussi* Desh., le *Pecten Carteronianus* d'Orb. et la *Lima pseudoproboscidea* se trouvent plus fréquemment dans l'assise n° 2 que dans celle n° 4. Ces coquilles sont généralement en place dans ces marnes; on y rencontre peu de céphalopodes, sauf des bélemnites, beaucoup de pleurotomaires, peu de gastéropodes, beaucoup d'acéphales, de térébratules, de bryozoaires et de spongiaires. L'*Echinospatagus cordiformis* Brey. *(Toxaster complanatus)* y est aussi fort abondant.

La couche n° 3, marnes vertes, qui est remplie de concrétions calcaires et de petits fragments de silex, ne présente qu'une épaisseur de $0^m,50$. Elle renferme de nombreux fossiles qui paraissent avoir été remaniés et qui sont généralement dépourvus de test. L'*Echinospatagus cordiformis* Brey. y est commun à l'état de moule; on n'y rencontre pas de grands céphalopodes, seulement de jeunes individus des *Ammonites Vandeckii* d'Orb., *Astierianus* d'Orb. et *Castellanensis* d'Orb.; très-peu de peignes, de térébratules et de bryozoaires. Il est difficile de comprendre par quelle cause cette petite couche intercalée dans les marnes panachées s'en distingue aussi nettement.

N° 5. Calcaire marneux à rognons et à grands céphalopodes. Cette assise est formée d'un calcaire marneux bleuâtre, dur, en lits régulièrement stratifiés, remplis de fissures qui paraissent la diviser en rognons ou en concrétions arrondies ou aplaties dans un sens comme des rondelles (Petit Salève au-dessus de l'Hermitage, Petite et Grande Gorge). Cette couche conserve au loin son facies,

car on le retrouve dans le canton de Neuchâtel[1]. Elle renferme de petites géodes remplies de cristaux de quartz hyalin prismés, qui tapissent parfois les cavités intérieures des fossiles. Quoique je n'aie jamais vu de gros cristaux de cette substance, il est possible qu'elle ait fourni ceux qui ont été trouvés sur la montagne et que l'on croyait erratiques. Les cristaux de chaux carbonatée sont également assez nombreux.

Dans un banc d'argile jaune rougeâtre, à la partie supérieure de cette couche, les *Ostrea Couloni* en place sont abondantes (sentier des Pitons au Sapey). Les fossiles sont assez bien conservés dans le calcaire bleu; les céphalopodes de grande taille et les bryozoaires y sont nombreux et les acéphales rares. Cependant à Grange-Marin, j'ai trouvé un nid de panopées en place. L'*Echinospatagus cordiformis* Brey. n'y est pas très-abondant.

N° 6. Le calcaire jaune est fort puissant et contient une couche marneuse qui paraît le séparer en deux masses; mais je ne suis pas assez certain de la permanence de cette division pour la maintenir, et, comme l'a dit M. de Loriol, on peut réunir en une seule assise ces trois couches. Elles ont formé au-dessus de Vovray, revers S. de la chaîne des Pitons, un énorme éboulement qui présente une teinte très-ferrugineuse, due sans doute à l'altération des grains de silicate de fer (glauconie), qui sont quelquefois très-abondants dans cette roche, en particulier au sommet de la Grande Gorge. Ces grains, qui sont répandus dans les terrains crétacés en Angleterre, en Espagne, au Caucase, aux États-Unis, etc., indiquent un état singulier des mers de cette époque.

[1] Desor et Gressly, Etudes géologiques sur le Jura neuchâtelois. *Mem. de la Soc. d'hist. nat. de Neuchâtel*, IV, 34.

Les fossiles ne sont pas rares dans cette assise; elle correspond exactement au calcaire jaune de Neuchâtel, que M. Coquand considère comme l'équivalent de l'étage Barrémien[1] du S. de la France; M. le professeur Pictet a fait sur ce sujet d'importantes observations[2].

§ 224. — La plupart des couches néocomiennes dont je viens de parler s'observent sur les pentes du Salève, au-dessus de Monetier. Je ne doute pas qu'elles n'y soient toutes représentées, mais toutes ne sont pas visibles. Elles se montrent aussi dans les Gorges où souvent leur épaisseur est réduite, ce qui tient à ce qu'elles sont voisines de la ligne sur laquelle s'est produit le plus grand effort dans l'exhaussement de la montagne et à ce qu'elles ont été comprimées. Les éboulements ont mis à nu dans ces localités des surfaces de frottement couvertes de petites plaques striées de fer hydroxydé, qui étaient à l'intérieur des couches et qui dénotent un glissement des roches les unes sur les autres (Échelle de Jacob, Petite Gorge).

Au delà du hameau de la Croisette, les calcaires marneux forment sur la face du Salève du côté de Genève et au-dessous des Pitons une espèce de petite combe horizontale dans sa longueur. On la reconnaît à sa végétation qui consiste en pâturages, tandis que les calcaires placés au-dessus et au-dessous d'elle sont couverts par des bois. Plus loin, le calcaire marneux se retrouve avec ses fossiles caractéristiques *(Ostrea Couloni)* près des bains de la Caille. Je ne connais pas de localité plus au S. dans le mont Salève, où cette couche soit à découvert; pas même là où cette chaîne est coupée par la route de Silingy à Annecy, et où la montagne appelée Mandal offre un bel escarpement.

[1] *Bull. Soc. géologique de Fr.*, 1862, XIX, 531.
[2] *Archives*, 1863, XVI, 257.

§ 225. — Dans le tableau suivant, qui présente l'ensemble de tous les fossiles qui ont été trouvés dans le terrain néocomien moyen du Salève, nous avons eu soin d'indiquer, autant que possible, la couche à laquelle chaque fossile appartient, en plaçant après les noms d'auteurs des chiffres qui correspondent aux numéros des couches du § 223. On ne peut distinguer d'une manière sûre les fossiles des couches 2 et 4; par conséquent, il ne faut pas attacher de l'importance à l'un de ces chiffres à l'exclusion de l'autre[1].

Fossiles de l'étage moyen de la formation néocomienne.

	N° des couches du § 223
Ecrevisse	2
Carcharias megalodon, Ag.	6
Odontaspis gracilis, (Ag.) Pict. et Camp. § 249.	
Dent de Pycnodus, § 249.	
Belemnites pistilliformis, Bl.	2, 4
» dilatatus, Bl.	2, 4
» binervius, Raspail.	2
» bipartitus, (Cat.) Bl.	4
Nautilus pseudoelegans, d'Orb.	4 ? 5
» neocomiensis, d'Orb.	4, 5
Ammonites cultratus, d'Orb.	3, 4
» radiatus, Brug.	5

[1] Tous les fossiles ont été figurés dans les ouvrages suivants : 1. *Description des animaux invertébrés fossiles contenus dans l'étage néocomien moyen du mont Salève*, par M. P. de Loriol = de L. — 2. *Description des fossiles du terrain crétacé des environs de Sainte-Croix*, par MM. Pictet et Campiche = P. C. — 3. *Description des fossiles contenus dans le terrain néocomien des Voirons*, par MM. Pictet et de Loriol = P. L. — 4. *Description des fossiles du terrain aptien de la Perte du Rhône et des environs de Sainte-Croix*, par MM. Pictet et Renevier = P. R. Ces trois derniers ouvrages font partie des *Matériaux pour la Paléontologie suisse*. — 5. D'Orbigny, *Paléontologie française* = d'Orb.

Ammonites Leopoldinus, d'Orb.	4
» Castellanensis, d'Orb.	2, 3, 4
» Cryptoceras, d'Orb.	5
» Grasianus, d'Orb.	5
» ligatus, d'Orb.	5
» Vandeckii, d'Orb.	3, 4
» Astierianus, d'Orb.	3, 5
Crioceras Duvalii, Lev.	2
» Sp. nov.	2, 4
Scalaria neocomiensis, de L.	4, 5
Pseudomelania Germani, Pict. et Camp. § 249.	
Natica bulimoides, Desh.	4?
Neritopsis Meriani, de L.	4?
Turbo Desvoidyi, d'Orb.	4?
Pleurotamaria neocomiensis, d'Orb.	1 à 5
» Dupiniana, d'Orb.	4, 5
» Saleviana, de L.	5
» Bourgueti, Ag.	1 à 6
» Lemani, de L.	3
» Favrina, de L.	4, 5
» Phidias, d'Orb.	5
» Pailleteana, d'Orb.	2?
Aporrhais Dupiniana, d'Orb.	3?
» Pictetiana, de L.	3
» elegans, de L.	3
» incerta, de L.	3, 4
» Couloni, de L.	3
Columbellina maxima, de L.	4?
dentata, de L.	3
Panopæa lateralis, d'Orb.	2, 4
» Carteroni, d'Orb.	2
» arcuata, Ag.	2 à 5
» rostrata, Math.	2
» neocomiensis, d'Orb.	2, 3, 4
Pholadomya elongata, Munst.	2
» minuta, de L.	5

Anatina Agassizii, d'Orb.. 2
» Orbignyana, de L.. 3
Tellina Carteroni, d'Orb.. 2
Venus sub-Brongniartina, d'Orb. 2, 4, 5
» Cornueliana, d'Orb. 2
» Escheri, de L 2
» Varapensis, de L.. 2
» Thurmanni, de L.. . . . . 3, 5
» Vendoperana, d'Orb. 2
Thetis Renevieri, de L. 5
Opis Desori, de L. 3, 4, 5
Astarte transversa, Ley. 2
» pseudostriata, d'Orb.. 2
» subformosa?, d'Orb.. 2
Ptychomya neocomiensis, (de L.) Pictet 4, 5
Cardita neocomiensis, d'Orb. 4
Trigonia caudata, Ag. 4
» longa, Ag. 5
» carinata, Ag. 1, 2, 4, 5
» rotundata, de L. 6
Cyprina Bernensis, Leym. 2
» Marcousana, de L.. . . . . 4, 3
» Deshayesiana, de L. 4, 5
Lucina Cornueliana, d'Orb.. 5
Corbis corrugata, Forbes 2
Cardium subhillanum, Ley. 2, 4
Unicardium inornatum, d'Orb. 5
Isocardia neocomiensis, d'Orb. 2
Nucula Cornueliana, d'Orb. 5
Arca Cornueliana, d'Orb. 2, 4, 5
» Securis, d'Orb. 4, 5
» Gresslyi, de L.. . . . . 2 à 6
» Salevensis, de L.. . . . . 4, 5
Pinna sulcifera, Leym.. 4
Myoconcha Sabaudiana, de L. 3
Mytilus sublineatus, d'Orb.. 4
» subsimplex, d'Orb.. 4
Lithodomus amygdaloides, Desh. 4

Lima Carteroniana, d'Orb.	4
» Tombeckiana, d'Orb.	4
» pseudoproboscidea, de L. (anc. L. Picteti, de L.)	2, 4, 5
» Varapensis, de L.	2
» undata, Desh.	2, 4
Avicula Cottaldina, d'Orb.	4
Pecten Goldfussii, Desh.	2, 4
» Carteronianus, d'Orb.	1 à 5
» Robinaldinus, d'Orb.	2, 4
» Oosteri, de L.	2, 4
» Cottaldinus, d'Orb.	2, 4
Janira neocomiensis, d'Orb.	2 à 5
» Atava, d'Orb.	2, 4
Spondylus Rœmeri, Desh.	4, 5
Plicatula Asperrima, d'Orb. § 249	2
Ostrea rectangularis, Rœmer	1
» Couloni, d'Orb.[1]	1 à 6
» Boussingaulti, d'Orb.	5
» Leymerii, Desh.	1, 4, 5
Rhynchonella multiformis, Rœm.	2 à 6
Terebratula acuta, Quenst.	1 à 6
» Salevensis, de L.	2 à 5
» sella, Sow.	1
» pseudojurensis, Leym.	2, 4, 5?
» semistriata, Defr.	1
Terebratella oblonga, d'Orb.	5
Laterotubigera Varapensis, de L.	2, 4
Reptotubigera simplex, de L.	4, 5
Entalophora Salevensis, de L.	2, 4
Diastopora neocomiensis, de L.	2, 4
Stomatopora incrassata, d'Orb.	2, 4

[1] Espèce indiquée sous le nom de *Gryphea secunda* par M. de Buch (Pétrifications remarquables) dans le *Bull. de la Soc. Géol. de France*, 1802, t. III, p. CLIX, qui parle de quelques échantillons recouverts d'orbicules siliceux. Voyez Brongniart. — Il semble que ces orbicules sont en rapport avec la grandeur de l'animal.

Stomatopora filiformis, de L.	2, 4
Berenicea polystoma, Rœm.	2, 4
» flabelliformis, Rœm.	2, 4
» pulchella, de L.	2, 4
Reptomultisparsa Haimeana, de L.	2, 4
Spiroclausa neocomiensis, de L.	2, 4
Reptoclausa neocomiensis, d'Orb.	2, 4
Reptomulticlausa Orbignyana, de L.	2. 4
Multizonopora ramosa, d'Orb.	2, 4?
Multicavea neocomiensis, de L.	2, 4?
Radiopora heteropora, d'Orb.	2, 4
Echinocava Salevensis, d'Orb.	2, 4
Ceriocava Lamourouxi, de L.	2, 4
Reptomulticava micropora, d'Orb.	2, 3, 4
Nodicrescis Edwardsi, de L.	2, 4
Heteropora Buskana, de L.	2, 4
Semicrescis ramosa, de L.	2, 4
Reptomulticrescis neocomiensis, de L.	2, 4
Serpula antiquata, Sow.	2, 4
» parvula, Munst.	1 à 6
Spirorbis Phillipsii, Rœm.	2, 4
Galeolaria neocomiensis, de L.	2, 4
Echinospatagus cordiformis, Brey.	1 à 6
Holaster intermedius, d'Orb.	2 à 6
Pygurus Montmollini, Ag.	5
» Salevensis, de L.	5, 6
Echinobrissus Olfersii, Ag.	2, 4
» subquadratus, d'Orb.	2, 4
» Scheuchzeri, Nov. Sp. (Desor).	
Phyllobrissus neocomiensis, Des.	2, 4
» Alpinus, d'Orb.	5
Pygaulus Lorioli, Desor	5
Collyrites ovulum, d'Orb.	5
Pyrina incisa, d'Orb.	4
Holectypus macropygus, Desh.	2, 3, 4
Pseudodiadema rotulare, Des.	2 à 5

Pseudodiadema Bourgueti, Des.	3 à 5
» Picteti, Des.	2, 4
» incertum, de L.	2, 4
Cidaris Salevensis, Desor.	2, 4
» punctatissima, Ag.	2, 4
Siphoneuda neocomiensis, de L.	2, 4
» truncata, de L.	2, 4
Steneudea varapensis, de L.	2, 4
Siphonocœlia neocomiensis, From.	2, 4
» oblonga, de L.	2, 4
» excavata, From.	2, 4
» expansa, de L.	2, 4
Discœlia icaunensis, From.	2, 4
» glomerata, From.	2, 4
» macropora, From.	2, 4
» monilifera, de L.	2, 4
» Perroni, From.	2, 4
» subfurcata, From.	2, 4
» porosa, From.	2, 4
» Salevensis, de L.	2, 4
Stenocœlia flabelliformis, de L.	2, 4
Jerea Fromenteliana, de L.	2, 4
Elasmoierea Sequana, From.	2, 4
Monotheles stellata, From.	2, 4
Stellispongia Salevensis, de L.	2, 4
Cribroscyphia sinuata, de L.	2, 4
Elasmostoma neocomiensis, de L.	2, 4
Porostoma Fromenteliana, de L.	2, 4
Cupulochonia cupuliformis, From.	2, 4
» Sabaudiana, de L.	2, 4
» tenuicula, From.	2, 4
» angusta, de L.	2, 4
» elongata, de L.	2, 4
Dischonia Salevensis, de L.	4, 5
Actiofungia porosa, From.	2, 4
Amorphofungia cylindrica, de L.	2, 4

§ 226. — Un coup d'œil jeté sur l'ensemble de la **faune du terrain néocomien moyen** fait voir qu'elle correspond assez exactement, comme l'a dit M. de Loriol, à celle que M. Marcou indique dans la partie moyenne des marnes d'Hauterive[1]. Ce savant a aussi désigné cet horizon sous le nom de facies à grandes ostracées et à corbis des marnes d'Hauterive[2]. Cette faune ne présente aucune analogie avec celle du terrain néocomien des Voirons, comme on l'a souvent remarqué, et malgré le peu d'éloignement de ces deux gisements, quatre espèces bien caractérisées seulement leur sont communes d'après M. de Loriol, ce sont les suivantes : *Belemnites pistilliformis* Bl., *B. bipartitus* Cat., *Ammonites Astierianus* d'Orb. et *A. ligatus* d'Orb. La faune du Salève appartient donc au facies jurassique du néocomien moyen, et le facies alpin ne se trouve point à cette montagne.

Il est probable que ce terrain néocomien moyen s'est déposé dans une mer peu profonde, car on y observe des animaux pélagiens et des coquilles littorales. On sait que, plus au N. dans le canton de Neuchâtel, des couches de même âge présentent les caractères très-prononcés d'un dépôt littoral, et que, plus au N. encore, elles manquent complétement. Leur limite septentrionale est placée près de Bienne ; c'est là un des points du rivage de la mer qui a déposé le terrain néocomien moyen.

[1] *Archives*, 1859, I, 124.
[2] Recherches sur le Jura salinois. *Mém. Soc. géol. de Fr.* 1846, 2e ser. II.

TERRAIN URGONIEN

SYNONYMIE : *Calcaire à Diceratés* de M. Élie de Beaumont. — *Calcaire à Hippurites* de M. Studer [1]. — *Calcaire à Chama Ammonia. Première zone de Rudistes* proprement dite de M. d'Orbigny [2].

§ 227. — Nous ne connaissons au Salève que le groupe inférieur du terrain néocomien supérieur, c'est-à-dire la première zone de rudistes ou terrain urgonien. Il se divise en deux groupes : 1. le **terrain urgonien proprement dit**, qui repose sur le calcaire jaune; il est composé d'un calcaire très-blanc, peu tenace, esquilleux renfermant beaucoup de lamelles spathiques qui, pour la plupart, sont des tests d'animaux. Il est quelquefois si compacte qu'il est difficile d'en détacher les fossiles, on peut cependant les extraire de la couche à térébratules, située dans la partie supérieure de cet étage.

Les fossiles les plus caractéristiques du terrain urgonien, dans les Alpes et au pied du Jura, sont les *Radiolites neocomiensis* [3] d'Orb. et le *Caprotina ammonia;* mais ils sont très-rares au Salève, je crois même que le premier n'y a jamais été trouvé. L'abondance des corps organisés varie beaucoup dans les diverses parties de cet étage; quelques bancs contiennent des fossiles entassés les uns sur les autres et alternent avec des couches qui n'en renferment pas, au pont de la Caille par exemple.

[1] Le calcaire à hippurites des Alpes, *Mém. Soc. géolog. de France*, 1re série, III, 389, n'est autre chose que la première zone de Rudistes, puisque l'*Hippurites Blumenbachii* de M. Studer est le même fossile que le *Radiolites neocomiensis* d'Orbigny.

[2] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1842, XIII, 153, et 1840, XI, 406.

[3] Ce fossile avait été confondu avec les Diceras; on l'a aussi nommé *Chama ammonia*. Voyez Rapport sur le Mémoire de M. Itier, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 22 août 1842.

M. Rochat a observé, à la surface du terrain urgonien du Petit Salève, près de la vieille route de Mornex à Monetier, un banc composé presque entièrement de polypiers ayant de l'analogie avec ceux de la plaine des Rocailles (§ 138); mais ces derniers proviennent d'une couche urgonienne des montagnes voisines de Bonneville.

La **couche à Térébratules** fait partie du terrain urgonien et offre un aspect particulier. Je ne l'ai trouvée que dans l'endroit nommé « Sur le Mont » à l'extrémité du vallon de Monetier, au-dessus du village d'Essert, où elle est exploitée. Cette couche, qui est placée dans l'intérieur et dans la partie supérieure de la zone de Rudistes, est formée en général par un calcaire blanc, rarement jaunâtre ou grisâtre, quelquefois crayeux, cristallin ou oolitique; les oolites ne parviennent guère à la grosseur d'un pois, elles sont confluentes, mêlées avec de petits morceaux de calcaire, roulés ou anguleux et de nombreux débris d'êtres organisés. Cet ensemble présente à un haut degré un facies de charriage. Le ciment qui enveloppe tous ces petits corps est cristallin et contient des lamelles spathiques; on y trouve des nids de plusieurs pieds de diamètre de spath calcaire bacillaire, en amas rayonnant du centre à la circonférence. Les débris des fossiles à test spathique y sont abondants; on y reconnaît des coraux, des piquants d'oursins et quelques bivalves lisses; mais les térébratules sont particulièrement bien conservées et nombreuses.

§ 228. — Les fossiles du terrain urgonien, dont je ne séparerai point la couche à Térébratules, sont les suivants [1] :

[1] Ici on peut voir les grands effets des pluies sur les roches calcaires; elles sont creusées de profonds sillons qui, d'une manière générale, ont direction de la plus grande pente.

Fossiles de l'étage urgonien.

Pycnodus Couloni, Ag.

Tornatella Essertensis, de Loriol	Pl. C, f. 1.
Nerinea Essertensis, Pictet et Campiche	Pl. C, f. 4.
Pseudomelania exigua, de L.	Pl. C, f. 2.
Cerithium Essertense, de L.	Pl. C, f. 3.
Narica Stoppanii, de L.	Pl. C, f. 5.
Nerita Pictetiana, de L.	Pl. C, f. 6.
Pleurotomaria Gosseana, de L.	Pl. C, f. 7.
Turbo Crivelli, Pictet et Campiche	Pl. C, f. 9.
Solarium Urgonense, de L.	Pl. C, f. 8.
Columbellina Hebertina, de L.	Pl. C, f. 10.
Lucina Urgonensis, de L.	Pl. C, f. 13.
Astarte Essertensis, de L.	Pl. C, f. 11.
Cardita Stabileana, de L.	Pl. C, f. 12.
Trigonia ornata, d'Orb.	Pl. C, f. 14.
Arca Cornueliana, d'Orb.	Pl. C, f. 15.
» Dupiniana, d'Orb.	
» Essertensis, de L.	Pl. C, f. 17.
» Humbertina, de L.	Pl. C, f. 16.
» Marullensis, d'Orb.	
Mytilus Desorianus, de L.	Pl. C, f. 18, 19.
» Salevensis, de L.	Pl. C, f. 20, 21.
Caprotina Lonsdalii, (Sow.) d'Orb.	Pl. C, f. 22.
Lima Orbignyana, Matheron	Pl. C, f. 24.
» Essertensis, de L.	Pl. C, f. 23.
Pecten Urgonensis, de L.	Pl. C, f. 25, 26.
Janira Matheroniana, de L.	Pl. C, f. 27.
Terebratula Salevensis, de L.	
» acuta, Quenstedt.	
» Russillensis, de L.	Pl. C, f. 28-31.
Rhynchonella depressa, Sow.	Pl. C, f. 32-34.

Nucleolites Roberti, A. Gras.

Peltastes Cottaldinus, de L.	Pl. C, f. 40.
Goniopygus peltatus, Ag.	
Psammechinus Salevensis, de L..	Pl. C, f. 39.
Codechinus, Sp.	
Cidaris catenifera, Ag. [1]	
» heteracantha, A. Gras.	Pl. C, f. 35-38.
Discœlia annulosa, de L..	Pl. C, f. 41.
» Essertensis, de L.	Pl. C, f. 42.
Cupulochonia Urgonensis. de L..	Pl. C, f. 43, 44.
Dischonia brevis, de L.	Pl. C, f. 45.

§ 229. — Le terrain urgonien occupe le revers du Salève du côté des Alpes, et s'élève çà et là à une assez grande hauteur; mais il ne s'étend pas sur toute la crête de la montagne; en effet dans le plateau entre la Croisette et les Pitons, on voit les marnes du néocomien moyen avec l'*Echinospatagus cordiformis* Brey., les *Ostrea Couloni*, les Panopées, etc. Les calcaires jaunes des Pitons les recouvrent, et appartiennent à la partie supérieure du néocomien moyen; sur cette dernière roche repose une partie des sables sidérolitiques. A l'extrémité septentrionale de la montagne du côté d'Étrembières, près du trou nommé **Tamabara**, la roche urgonienne offre des teintes rougeâtres, ferrugineuses, et contient des particules siliceuses et de jolis cristaux de chaux fluatée, incolores et jaunâtres, qui présentent, d'après M. F. Soret [2], les formes primitives, cubiques, triépointées, bordées et cubo-octaèdres. Ce minéral n'est pas très-rare dans cette formation, il y est en filons dans le Sentis (Altmann), canton d'Appenzell, et je dirai plus loin (§ 421) qu'on l'a observé près de la Pointe Pe-

[1] Échantillon fixant le gisement de cette espèce jusqu'ici inconnu.
[2] *Mém. Soc. de Physiq. et d'Hist. nat. de Genève*, 1822.

louse. On peut croire qu'un dégagement d'acide fluo-silicique dans l'eau qui déposait la roche calcaire, a formé la chaux fluatée et les particules siliceuses [1].

Ce terrain urgonien est très-développé à l'extrémité méridionale de la montagne, du côté de Cruseilles, surtout dans les collines au N.-E. du village. Les couches sont dirigées parallèlement à la montagne et présentent une coupe remarquable dans la cluse des bains de la Caille, vers le ruisseau des Usses [2]. Au delà, cette formation atteint une grande épaisseur et constitue le prolongement du Salève; puis après avoir disparu sous le terrain tertiaire, on la trouve dans les environs de Chambéry et de la Grande Chartreuse [3], ainsi qu'aux alentours d'Annecy; je parlerai plus loin de son importance dans les Alpes calcaires.

Le calcaire urgonien se montre aussi dans le Jura, au pied septentrional du Vouache et à la Perte du Rhône, il y supporte le calcaire à *Pterocera Pelagi*, et M. Brongniart l'avait pris pour le terrain jurassique [4]. On le voit à la base de la chaîne, du côté de la plaine suisse, où l'on exploite de belles pierres de construction et de jolis marbres; j'y ai recueilli, près des villages de Thoiry et d'Allemogne, des *Radiolites neocomiensis*, des térébratules, des moules de gastéropodes et des dents de *Pycnodus Couloni* [5]. Ce terrain

[1] M. Damour attribue une origine analogue à la silice tuberculeuse de Santa-Fiora en Toscane. *Bullet. Soc. géol. de Fr.*, 1848, V, 161.

[2] M. Albanis Beaumont a donné une description très-circonstanciée de la vallée des Usses, sous le nom de la vallée de Lauben. *Descript. des Alpes Grecques et Cottiennes*, 1re partie, II, 304, 1802. — Crozet-Mouchet, *Association florimontane*, 1852, n° V, 68.

[3] Essai géologique sur le groupe des montagnes de la Grande Chartreuse, par M. Lory, *Bullet. Soc. statistique du Départ. de l'Isère*, 1852, II, 54.

[4] Description des environs de Paris dans les *Ossements fossiles de Cuvier*, 1822, II, 327. — Depuis la publication de mon Mémoire sur le Salève, M. Renevier a donné une excellente description de la Perte du Rhône.

[5] Pictet, *Paléontologie suisse*; Sainte-Croix, I, 58.

s'étend encore à la base du Jura vaudois; en 1843, il n'était pas connu dans le canton de Neuchâtel, et je pensais avoir trouvé sa limite septentrionale à la Raisse près Concise; depuis lors on l'a reconnu plus au Nord. D'après M. Gillieron, il s'étend jusqu'au Landeron et même plus loin. mais les dépôts glaciaires cachent son affleurement. Les différents étages du terrain crétacé ne remontent pas au N. des environs de Bienne; l'étage valangien se montre pour la dernière fois à Lengnau (Longeau) d'après M. Greppin, et un peu plus loin on voit un dernier lambeau du terrain cénomanien qui semble reposer sur l'étage portlandien, tandis que près de là, à Souaillon, à Cressier et à Combes, M. Gillieron a reconnu sa superposition à l'étage urgonien; enfin l'étage néocomien moyen cesse à Vigneule (Vingelz).

§ 230. — 2. **Calcaire à Pterocera Pelagi.** Cette assise, formée par un calcaire jaune, quelquefois un peu terreux, constitue la partie supérieure du terrain urgonien. Elle est fort peu développée au Salève; je ne l'ai trouvée que dans le voisinage de la belle source du village du Sapey. Mais ce terrain se montre à la Perte du Rhône, au pied du Jura et dans les environs d'Annecy (§ 385). Il paraît qu'aux alentours de Ste-Croix le *Pterocera Pelagi* a été recueilli dans le terrain aptien inférieur.

Lorsque l'on considère l'**ensemble de la formation néocomienne** sous le rapport de sa puissance, on voit qu'elle a une moins grande épaisseur dans les cantons de Vaud et de Neuchâtel que dans les contrées de la France situées plus au Sud. Il semble donc que la mer qui la déposait avait une plus grande profondeur au Midi qu'au Nord. La présence des couches d'eau douce qui ont succédé au terrain jurassique, paraît indiquer qu'il y eut, après le

dépôt de ce dernier, une émersion très-étendue des terres, durant laquelle il se forma un lac d'eau douce avec les dépôts purbeckiens. Plus tard, ce dépôt fut plongé au-dessous du niveau de la mer et recouvert par l'étage valangien, le néocomien et l'urgonien. En 1843, je ne connaissais pas ce grand et singulier mouvement du sol, parce que le terrain purbeckien n'avait pas été observé dans nos environs, et j'avais soutenu que la distribution des étages néocomiens dénotait un soulèvement continental lent et tel que la mer avait dû être plus profonde dans la région méridionale de l'Europe que dans celle du Nord. Depuis mon premier mémoire, j'ai vu tant de théories se dresser, grandes et majestueuses, et tomber promptement dans l'oubli, que je ne rappelle qu'avec une extrême réserve celle d'un soulèvement continental, qui aurait eu lieu durant l'époque néocomienne.

TERRAIN SIDÉROLITIQUE

§ 231. — De nouvelles observations faites en 1865, et que j'exposerai à l'article de la mollasse marine inférieure, me font considérer le classement du terrain sidérolitique du Salève comme provisoire. Les idées qui paraissaient établies ont été ébranlées, et il faut attendre le résultat d'un nouvel examen des couches, pour décider si les roches indiquées sous le nom de sidérolitiques doivent être laissées dans ce terrain extraordinaire, ou si de Saussure était dans le vrai lorsqu'il les confondait avec les grès tertiaires. Il les décrivait de la manière suivante :

« Sur le haut du Grand Salève, nous dit-il[1], vis-à-vis « de Crevin, on rencontre de grands blocs d'un beau grès

[1] *Voyages dans les Alpes*, § 242.

« blanc, composé de sable cristallin très-pur dont les grains « ont entre eux très-peu de liaison. J'ai eu longtemps des « doutes sur l'origine de ces blocs, parce qu'ils sont déta- « chés les uns des autres et ne paraissent avoir aucune « adhérence avec le sol sur lequel ils reposent. »

Ils forment une traînée qui s'étend de l'amas décrit par de Saussure jusqu'au bord de la Grande-Gorge. Ils ont tout à fait l'apparence d'avoir été transportés et il est probable que l'agent qui a charrié au loin les blocs erratiques, a eu aussi une action sur ces roches.

« Mais enfin, continue de Saussure, j'ai trouvé sur les « derrières de la montagne, entre les chalets qui portent « les noms de Grange-Tournier et de Grange-Gabri, un « grand rocher composé de ce même grès, superposé aux « couches calcaires de la montagne. Ce grès peu cohérent, « a été divisé par les injures de l'air en grandes masses, qui « semblent entassées sans aucun ordre, et où l'on a de la « peine à retrouver des vestiges des bancs dont il a été « composé. J'ai pourtant cru reconnaître que ces bancs « plongeaient du côté des Alpes, comme les autres couches « de la montagne, et sous un angle d'environ 25 degrés. « Ces grès descendent fort bas, en recouvrant toujours les « rochers calcaires; il est même vraisemblable qu'ils recou- « vraient anciennement la montagne dans une étendue beau- « coup plus considérable; mais que le peu d'union de leurs « parties a causé leur destruction. Peut-être même les « sables que l'on trouve entre la Croisette et le Piton, en « sont-ils des débris. Je n'ai pu découvrir dans ces grès « aucune matière étrangère, si ce n'est du fer, qui s'annonce « dans quelques places par la couleur de rouille qu'il donne « à la pierre. »

M. Gressly, dans ses *Observations sur le Jura soleurois*, a

donné une théorie pour expliquer la formation de ces grès et celle des minerais de fer qui leur sont souvent associés. Il est arrivé à conclure que l'ensemble des terrains dont ils font partie a eu une origine plutonique ou semi-plutonique qui était due :

« 1° A des vapeurs incandescentes chargées d'acides « et d'oxydes parcourant les fentes aujourd'hui remplies de « brèches cimentées par le fer hépathique amorphe.

« 2° A des épanchements réels de masses minérales fer- « rugineuses en fusion plutonique ou à l'état de pâte « boueuse, remplissant une partie des failles transversales « et les cavernes qui en dépendent.

« 3° A des filets d'eau s'échappant de petites fissures et « déposant des oxydes, des silicates terreux et des argiles « blanches très-savonneuses.

« 4° A des sources en ébullition, jaillissant à la manière « des Geysers, et entraînant dans leur cours les grains piso- « litiques.

« 5° A des cratères d'éruption situés sur les failles lon- gitudinales de nos vallées tertiaires, entre deux ou plu- « sieurs chaînes de montagnes. »

On n'aurait pu arriver à ces conclusions si le terrain sidérolitique n'avait acquis dans le N. du Jura un développement beaucoup plus grand que dans nos environs.

Mais si quelques parties de ce terrain paraissent provenir de l'intérieur de la terre, on ne peut nier que d'autres n'aient été formées à une certaine profondeur par des infiltrations venant de la surface du sol ; c'est ce qui a eu lieu pour le terrain sidérolitique placé dans les fissures des roches crétacées ou jurassiques, et composé de marne, d'argile et de sable associés à des ossements d'animaux

éocènes, tel qu'on le voit au Mauremont[1] et dans le val de Delémont[2]. Toutefois, malgré les preuves de l'origine par infiltrations de ce terrain, on a soutenu que sa formation était due à des sources; on concilierait peut-être ces deux idées qui paraissent opposées, en admettant que les eaux des sources, après avoir ruisselé sur le sol, se sont infiltrées dans des crevasses, en entraînant avec elles des débris d'animaux[3].

Dans le terrain sidérolitique du Salève, qui est surtout formé par des sables quartzeux, on n'a trouvé ni ossements fossiles, ni brèches osseuses si fréquentes dans les autres dépôts de cet âge. Il contient parfois beaucoup de grains de fer limoneux, qu'il ne faut pas confondre avec les scories ou les laitiers de fer qui sont abondants sur certains points de la montagne.

Ce terrain recouvre d'une couche plus ou moins épaisse la plus grande partie du mont Salève. On le trouve aux Treize-Arbres, mais il est surtout développé du côté des Alpes, aux environs de Grange-Gaby (et non Gabri, comme dit de Saussure). Au-dessus d'Essert et au Petit Salève, on le voit sous forme de veines de sables dans le calcaire urgonien. Il forme à la **Grande Gorge**, au-dessus du point où le sentier est taillé dans la roche, un grand filon de sable quartzeux pur, qui se ramifie dans les calcaires, et il représente peut-être une des cheminées par où les sables et les minerais de fer se sont élevés à la surface du sol, s'il est permis de dire en géologie que des courants d'eau passent

[1] *Bull. Soc. Vaud.*, 1852, III, n° 26; *Archives*, 1852. — *Paléontologie suisse*, 1855, 1857.

[2] Mém. de M. Greppin, *Mém. Soc. helvétique des Sc. nat.*, 1855, 57.

[3] M. Hochstetter a trouvé à la Nouvelle Zélande des couches formées par des sources qu'il compare au terrain sidérolitique. *Atlas géologique topographique de la Nouvelle Zélande*, Gotha, 1863. *Archives*, 1863, XVIII, 37[illegible].

par des cheminées. Du reste, je n'ai pu faire aucune observation démontrant que ces filons ne soient pas le produit d'infiltrations venant d'en haut.

Dans la **commune de Vovray**, au pied du Salève du côté des Alpes, on voit la *mollasse* sur laquelle est construit le village de Verney (Pl. III, fig. 3) s'appuyer contre la montagne avec une inclinaison de 12 ou 15°. A un niveau plus élevé que celui de la mollasse, des *sables quartzeux* (2 *a*) qui passent au-dessous d'elle reposent à l'endroit nommé Au Noyer sur un banc mince de *calcaire blanc urgonien* (3) renfermant quelques fossiles. On découvre encore en dessus de ces roches, le calcaire jaune de l'étage moyen du terrain néocomien (4) et les marnes bleues (5).

Les sables sidérolitiques prennent un grand développement entre les Pitons et Cruseilles, ils constituent dans le terrain urgonien des amas qui sont exploités pour l'usage des verreries de Thorens et de Monthey.

Ces carrières de sables remarquables par leur éclatante blancheur, sont traversées par de petits filons ferrugineux, de formes très-contournées, et contiennent dans leur partie supérieure une marne mêlée de cailloux calcaires et primitifs. Dans cette portion de la montagne, le fer est très-abondant; on exploite, ou on a exploité, un grand nombre de gîtes de minerais de fer oxydé hydraté pour les forges d'Annecy. Ces gîtes forment des amas et des filons dans le sable.

On peut encore observer dans la cluse du pont de La Caille, de beaux filons de ce même sable; le plus facile à visiter est dans le sentier qui conduit du pont aux bains, il a environ trois pieds d'épaisseur, est horizontal sur une partie de son étendue et ressemble à un banc de mollasse intercalé dans le calcaire.

Au delà de la rivière des Usses, on trouve encore quelques traces de ce terrain, mais je les ai peu étudiées; j'en ai vu un filon dans la carrière du Paradis à Annecy; M. le chanoine Rendu a indiqué la présence des sables sidérolitiques à Plainpalais, commune du Désert[1], et M. de Mortillet les a signalés dans plusieurs autres localités[2].

§ 232. — Si nous passons au Jura, nous trouvons à la Perte du Rhône, des sables blancs appartenant probablement à cette formation et reposant sur les grès verts. On en voit des traces dans la plupart des carrières exploitées au pied du Jura, du côté de la vallée suisse (Thoiry, Allemogne, Divonne, etc.). Ce sont, en général, des canaux ou conduits souterrains mis au jour par l'exploitation des roches. Les bords de ces canaux sont corrodés, et leur intérieur contient parfois des marnes, des sables et des boules de grès calcaire.

J'ai eu l'avantage d'étudier ce terrain dans le Jura soleurois avec M. Gressly. M. Quiquerez l'a décrit dans le Jura bernois[3], et a donné des détails sur la formation des roches de quartz et sur la présence de l'acide carbonique[4] qui provient peut-être de la décomposition des roches calcaires par les roches quartzeuses[5]. M. Lang a fait connaître aux environs de Lengnau et de Grange, non loin de Bienne, dans le terrain virgulien, de singuliers amas sidérolitiques, qui renferment des fossiles du terrain néocomien, tels que la *Rhynchonella depressa*, le *Pygurus Montmollini*,

[1] *Mém. de l'Acad. de Chambéry.*

[2] *Minéralog. et Géolog. de la Savoie*, § 250.

[3] *Mém. de la Soc. helvétiq. des Sc. nat.*, 1852, XII; *Archives*, 1853, XXII, 178.

[4] *Actes helvétiques*, Chaux-de-Fonds, 1855; *Archives*, 1856, XXXII, 106, 238.

[5] *Archives*, 1851, XVI, 61.

des *Salenia*, des *Diadema*, etc[1]. On fait aussi rentrer dans le terrain sidérolitique une partie des minerais de fer en grains qui sont activement exploités dans l'Est de la France. M. Hébert s'est occupé de cette formation[2]; M. Gueymard en a décrit les sables dans le département de l'Isère[3]; M. Gras semble les avoir reconnus dans la Drôme[4]; M. Benoit a traité de ce terrain dans le Jura français et dans la Bresse[5]; on l'a observé en Wurtemberg, et M. Omalius d'Halloy parle de celui de Belgique[6]; enfin Breislak[7], en décrivant la montagne de Gaëte, indique des roches qui ressemblent beaucoup à celles de ce terrain.

On voit donc que cette formation présente une étendue considérable. Quant à son âge, je ferai remarquer que MM. Thurmann et Gressly la regardaient comme l'équivalent du néocomien[8], mais cette opinion a été abandonnée. Dans d'autres passages de son ouvrage, M. Gressly croit que ce terrain s'est formé à plusieurs époques. « En effet, « dit-il (p. 253), dans notre Jura (le Jura soleurois) nous « le voyons occuper des niveaux géologiques très-diffé- « rents; d'où il résulte que parmi les divers dépôts de cette « formation il y en a qui appartiennent réellement à des « époques géologiques distinctes; » cependant il ajoute « que « les dépôts sidérolitiques sont en général plus récents que « les dépôts jurassiques, mais plus anciens que les terrains

[1] *Geol. Skizze der Umgebung von Solothurn*, Soleure, 1863.

[2] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1855, XII, 763.

[3] *Statistique du dép. de l'Isère*, 33; *Bullet. Soc. géolog. de Fr.*, 1840, XI, 395.

[4] *Statistique du dép. de la Drôme*, 94.

[5] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1858, XVI, 1150; 1860, XVII, 394.

[6] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1854, XII, 36.

[7] *Voyages dans la Campanie*, 1801, I, 3, 5.

[8] Essai sur les soulèvements jurassiques, 2me cahier, p. 37, et Observations sur le Jura soleurois, *Mém. de la Soc. helvétiq. de Sc. nat.*, V.

« des formations crétacées et mollassiques, » ce qui indique, comme il le dit plus loin (p. 228), « que la formation du « terrain sidérolitique a duré depuis l'époque jurassique « jusque dans la période infracrétacée, en diminuant gra- « duellement d'intensité et d'étendue jusqu'à l'époque mol- « lassique. » Dernièrement M. le professeur Jourdan a distingué des dépôts sidérolitiques d'âges différents [1].

Malgré ces documents, qui ont certainement leur valeur pour les localités dont ils traitent, je crois que l'origine et l'âge assignés aux roches prétendues sidérolitiques du Salève doivent subir des modifications, et voici pourquoi. Les grès qui accompagnent le poudingue de Mornex (§ 233), et dans lesquels on a trouvé des fossiles marins, ont un si grand rapport avec les grès sidérolitiques, qu'il est difficile de les séparer, d'autant plus que ces deux terrains reposent sur l'étage urgonien et sont inférieurs à la mollasse; d'après l'examen de leur gisement (Pl. III, fig. 3 et 6), ils sembleraient être une seule et même formation.

M. le professeur Escher est disposé à classer les grès sidérolitiques du Salève dans les grès nummulitiques [2], et M. Studer partage son avis; en effet, ils ont une grande ressemblance avec ceux du Hohgant sur les bords du lac de Thoune, ceux du roc de Chères (§ 379) et ceux de la montagne de Veyrier (§ 384) aux environs d'Annecy.

J'ai cru pendant longtemps que ces grès blancs reposant sur le terrain urgonien étaient la partie inférieure du terrain albien, semblable à celle qui est développée dans les montagnes voisines du Brezon (§ 359). Ces diverses classifications, toutes fort plausibles, seront j'espère, fixées par des observations futures.

[1] *Comptes rendus de l'Acad.*, 1861, LIII, 1009.
[2] *Bull. Soc. géolog. de France*, 1841, XII, 272.

TERRAIN TERTIAIRE

A. *Poudingue et grès marin.*

§ 233. — A la base du terrain tertiaire et reposant à la surface du calcaire urgonien, des grès marins alternent, sur une assez grande épaisseur, avec des poudingues calcaires. Voici comment ils ont été découverts.

M. le professeur Moussou avait observé une petite couche de grès fossilifère dont je n'avais pas connaissance lors de la publication de mon mémoire sur le mont Salève; plus tard, il eut l'obligeance de m'envoyer la note suivante.

« La couche qui renferme les fossiles est un grès grossier formé de grains blancs et jaunâtres de quartz, presque sans ciment, sans mica; le quartz paraît avoir des faces cristallines; le grès contient :

« *a)* Des cérithes à trois rangs de tubercules.

« *b)* De petites vénus (?).

« *c)* Des mélanies assez fréquentes, analogues à celles des Diablerets.

« *d)* Des natices à peine reconnaissables.

« Cette couche avec fossiles est la seule de son genre et paraît faire partie des vrais grès verts, ainsi que les précédentes (poudingue de Mornex). Elle ne se voit pas sur le bord de l'Arve, mais elle apparaît sur la **route d'Étrembières à Mornex**, sur le bord d'un petit fossé à côté d'un champ. Sa surface noirâtre la rend presque méconnaissable. »

Après avoir beaucoup cherché, je retrouvai cette couche en 1865. Elle est riche en fossiles, mais ils sont mal conservés et peu déterminables; ce sont, en général, de petits gastéropodes ayant l'apparence de cérithes; on a

cru reconnaître un *Cerithium plicatum*, mais il est très-douteux.

J'ai vu encore un autre gisement de ces fossiles dans un grès noirâtre avec quelques débris de végétaux, à la surface du calcaire urgonien du Salève, entre Mornex et Essert. J'ai recueilli des cérithes, des natices, des mélanopsis?, des bivalves et un piquant d'oursin. Cette couche avec ses fossiles marins constitue évidemment un horizon bien distinct de celui de la mollasse; mais tant qu'on n'aura pas de fossiles plus déterminables, on ne pourra pas en fixer l'âge d'une manière exacte.

L'assise fossilifère de la vieille route de Mornex est évidemment placée au-dessous de la mollasse, mais on ne voit point la ligne de contact. Elle est associée au **poudingue de Mornex** qui occupe un grand espace sur le flanc du Petit Salève. M. Rochat a trouvé plusieurs fossiles dans les couches sableuses qui alternent avec les bancs de poudingue; j'en ai également reconnu la présence, et comme les fossiles du grès marin d'Essert sont inférieurs à ce poudingue, je pense qu'il appartient tout entier à cette formation.

Le poudingue de Mornex me paraît avoir 100 ou 200 pieds d'épaisseur. Il est composé de cailloux ordinairement bien arrondis, jurassiques, néocomiens ou urgoniens, empâtés dans un ciment sableux, et il alterne avec des couches sableuses contenant des grains de fer hydroxydé.

Quoique ces dernières soient quelquefois à l'état de grès[1], les bancs de poudingue sont plus apparents que les bancs de sable et constituent un vrai nagelflue calcaire. M. Ducret y a recueilli deux huîtres qui ont le plus grand rapport

[1] De Saussure, *Voyages*, § 242, *a*.

avec l'*Ostrea Couloni* du terrain néocomien[1]. Ces couches sont à découvert sur les bords de l'Arve à côté de la source minérale d'Étrembières; elles y sont placées au-dessous de la mollasse et inclinées au Nord; elles s'élèvent presqu'au sommet du Petit Salève, au-dessus de Mornex.

§ 234. — On connaît des couches analogues dans d'**autres localités.** M. Thurmann en avait indiqué dans le Jura bernois[2], qui plus tard ont été étudiées par M. Greppin[3]. MM. Desor et Gressly[4] ont signalé près des Brenets, dans le canton de Neuchâtel, un dépôt qui paraît être dans la même position que le poudingue de Mornex; ils y ont trouvé des trous de pholades, des fossiles marins *(Ostrea callifera)*, et ils le rapportent à l'étage tongrien. Dans les environs de Chambéry, on connaît depuis longtemps le poudingue de Vimines[5] et celui de Bourget au pied du Mont du Chat[6], qui sont contemporains de celui de Mornex; mais, à Bourget comme aux Brenets, il renferme des trous de pholades dont je n'ai jamais trouvé de traces bien évidentes dans celui du Salève. M. l'abbé Vallet a donné quelques détails sur ces roches perforées des environs de Chambéry[7], et M. Pillet rapporte le poudingue de Vimines à l'âge des argiles sidérolitiques[8]. On croirait lire la description de la roche qui nous occupe dans les pages où M. Lory décrit les ravins voisins de la Tour de Barcelone et de la Baume-Cornillane, localités situées entre Chabeuil et Crest en Dauphiné[9].

[1] *Actes Soc. helvétiq.*, Genève, 1865, p. 84.
[2] *Soulèvements jurassiques*, 2me cahier, p. 51.
[3] *Mém. Soc. helvétiq. des Sc. nat.*, XIV et XV.
[4] *Mém. de la Soc. des Sc. nat. de Neuchâtel*, 1859, IV, 23.
[5] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1842, XIII, 485. — 1844, I, 610.
[6] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1844, I, 732.
[7] *Mém. de l'Acad. de Savoie*, 2me série, II.
[8] *Descript. géologique des environs d'Aix en Savoie.*
[9] *Descript. géolog. du Dauphiné*, 1860, p. 393.

Si l'on arrivait à prouver l'identité du poudingue de Mornex avec les dépôts dont je viens de rappeler la présence et qui indiquent un rivage des eaux tertiaires à un certain moment, ne pourrait-on pas apprécier la force relative du soulèvement qui a eu lieu depuis cette époque dans ces différents endroits?

En résumé, je pense que les grès fossilifères, qui se trouvent au Salève à la surface du terrain urgonien (Essert), dans l'intérieur du poudingue de Mornex et très-près de la partie inférieure de la mollasse (vieille route de Mornex), constituent, avec le nagelflue calcaire, un terrain qui paraît contemporain de l'étage tongrien. Cet étage est représenté en Suisse, comme je l'ai dit, par le poudingue des Brenets et par la mollasse marine inférieure à la mollasse d'eau douce des environs de Bâle, de Porentruy et de Delémont. On n'y a pas encore trouvé de végétaux fossiles, d'après M. Heer[1]. Cet horizon est bien déterminé, mais les fossiles recueillis jusqu'à présent au Salève ne sont pas assez bien conservés pour qu'on puisse préciser leur âge.

On a voulu voir dans cette couche un équivalent de l'assise nummulitique, fossilifère et charbonneuse de Pernant: mais je ferai remarquer que cette dernière est inférieure au calcaire nummulitique dont on n'a pas trouvé de traces au Salève, et qui n'y a probablement pas été déposé.

B. *Étage de la mollasse.*

§ 235. — Au-dessus du poudingue de Mornex se trouvent des grès qui n'ont pas tous la même apparence; ceux dont les couches se relèvent contre le Salève entre La Mure et Cruseilles, ainsi que ceux du Viaison présentent les ca-

[1] *Recherches sur le climat et la végétation du pays tertiaire*, p. 4.

ractères de la mollasse, tandis que les grès exploités à Mornex sont tenaces et durs, et ceux d'Archamp plus résistants encore. Mais il est toujours difficile de comparer des roches en masse non exploitées et décomposées à la surface, avec celles qu'on voit dans des carrières. L'ensemble de ces grès variés, plus ou moins marneux, calcaires ou siliceux, constitue le terrain de mollasse, qui entoure de toutes parts les roches du mont Salève et qui se relève contre lui. Il appartient au terrain tertiaire moyen.

En 1851, j'eus le plaisir d'accompagner au mont Salève M. le professeur de Rouville et M. Constant Prévost. Ce dernier, toujours préoccupé de la manière dont les sédiments se sont déposés, paraissait croire que les **couches de mollasse** se sont formées contre le Salève, dans la position où on les voit maintenant. Il est vrai qu'il y a quelque chose de séduisant dans cette idée, lorsqu'on reconnaît encore dans les carrières de Verrières, les traces de vagues dessinées parallèlement à la montagne, sur des couches dont l'inclinaison est peu forte. M. Constant Prévost expliquait avec grâce que, lorsque des sédiments s'arrêtent dans un bassin dont le fond est incliné, ils forment des couches qui participent à la pente du fond sur lequel elles se déposent; et que cette inclinaison augmente encore après leur formation par l'effet du tassement. Si, par exemple, cette action fait diminuer d'un quart l'épaisseur des sédiments, il est évident que le dépôt étant plus épais au centre du bassin que sur les bords, l'affaissement du centre sera plus grand que celui des bords, et les couches en deviendront plus inclinées. Cependant M. Constant Prévost était trop prudent pour soutenir que son raisonnement s'appliquât aux mollasses qui flanquent le Salève. Je ne crois pas, en effet, que cette idée puisse expliquer l'incli-

naison des couches de ce terrain qui n'est point uniforme sur le pourtour de la montagne : près d'Archamp et à Mornex elle n'est pas très-forte si on la compare à celle des couches de mollasse situées au-dessous de la Croisette, vers la Grande Gorge et près de La Mure, où elles sont quelquefois verticales et même renversées. La réfutation de l'idée exposée par M. Constant Prévost a bien quelque importance; car, dans son hypothèse, le Salève n'aurait subi aucun soulèvement depuis l'époque du dépôt de la mollasse, tandis que les inclinaisons variées des couches de cette roche dénotent que la montagne n'a été soulevée qu'après leur formation.

Les grès de la mollasse exploités à Mornex présentent une apparence particulière: ils sont d'un gris assez foncé, micacé, et contiennent des grains de quartz bien visibles; leur dureté est grande, leurs couches peu épaisses et ils renferment des cavités pleines de marne. Ils composent une colline assez élevée, sur laquelle est bâti le château de Mornex, et reposent sur le grès marin inférieur.

Les fossiles ne sont pas communs dans ce terrain, mais on peut croire que les petits palmiers et les autres végétaux recueillis dans la mollasse de Mornex, et qui sont des plantes terrestres, ont vécu sur le Salève lorsqu'il formait une île habitée par le pachyderme dont on a trouvé les traces, et que les eaux tertiaires déposaient leurs sédiments. Pour plus d'exactitude, je dirai que M. le professeur Heer a reconnu que les végétaux se rapportent aux espèces suivantes : *Sabal hæringiana* Ung. (*Sabal Lamaonis* Heer[1]).

[1] *Flora tert. helvet.*, I, 86, pl. 34, 35; III, 378, et le catalogue dans les Recherches sur le climat, etc., p. v, et *Bull. Soc. Vaud.*, 1854, IV, 52. De Luc, Nouveau palmier, *Journal de Physique*, 1781, II, 480. De Saussure. Feuilles de palmier de Mornex, *Actes helvétiques*, 1838, p. 195.

Cette espèce diffère de celle qui a été trouvée à Lausanne (*Sabal major*), de celle de Vevey (*Flabellaria latiloba*), de celle de St-Gall (*Chamærops helvetica*), mais elle a été recueillie à Archamp dans les carrières de Verrières. On a trouvé encore dans la mollasse du Salève des feuilles de *Daphnogène lanceolata* Ung., des traces de *Pinus Lardyanus* Heer, de *Poacites subtilis* Heer et de *Myrica Studeri* Heer. Le *Sabal hæringiana* n'a été rencontré que dans l'étage miocène inférieur ou tongrien, le *Pinus Lardyanus* appartient à la mollasse grise et le *Myrica Studeri* à l'étage aquitanien.

Quant au fragment d'animal trouvé dans la mollasse de Mornex, c'est, d'après M. Pictet, une omoplate de pachyderme, probablement de la taille d'un âne et de la forme d'un cochon [1].

§ 236. — Au pied du Grand Salève, du côté de la plaine de Genève, et entre Crevin et la Croisette les couches de mollasse plongent plus ou moins contre la montagne ; elles sont donc renversées, et à peu près concordantes avec certaines couches néocomiennes qui sont aussi renversées. La chaîne des Pitons est flanquée à sa base du côté de Genève, par un contre-fort de mollasse dont les couches inclinées à peu près au N.-O. s'élèvent jusqu'à la moitié de la hauteur de la montagne ; il a été décrit par de Saussure et par Necker (§ 199).

D'après cette description du terrain tertiaire, on voit que le mont Salève est un massif calcaire placé au milieu d'une grande étendue de mollasse. On ne trouve pas de traces de cette formation dans les parties élevées de la montagne ; on peut même croire qu'elle n'est pas représentée

[1] *Actes Soc. helvétique*, Altorf, 1842, 194.

dans la petite vallée de Monetier, car le sol n'est formé à sa surface que de détritus de roches calcaires, et dans un puits qui a été percé jusqu'à la profondeur de 32 pieds, on n'a trouvé que des cailloux et des sables glaciaires.

TERRAIN QUATERNAIRE

§ 237. — On voit à l'hôpital d'Étrembières une terrasse de graviers reposant sur l'argile diluvienne; elle est le prolongement de celle de Gaillard. Sur le revers opposé du Salève, une autre terrasse voisine de Mornex d'en bas, est le prolongement de la plaine située au confluent de l'Arve et de la Menoge.

Nous ne voyons nulle part au Salève l'alluvion ancienne, tandis que le terrain glaciaire est abondant; les blocs erratiques étaient jadis fort nombreux; mais si leur exploitation ne cesse pas, il n'y aura bientôt plus de traces du grand et singulier phénomène géologique qu'ils représentent.

On trouve parmi eux, comme on le sait, une grande variété de roches, telles que des gneiss, des micaschistes, des schistes talqueux ou chloriteux et des arkésines (près Tanabara); cependant les protogines sont de beaucoup les plus abondantes; ces blocs sont répandus principalement sur le flanc du Petit Salève du côté des Alpes; c'est là que De Luc en a indiqué un bon nombre dont la longueur variait de 30 à 50 pieds (l'un d'eux mesurait 14 000 pieds cubes) et en a compté 1200 moins considérables. Sa description est devenue très-précieuse depuis qu'on les a exploités. De Saussure se plaignait déjà de leur destruction, et cependant De Luc en 1826 en comptait encore 3700, « tant sur le « Petit Salève que sur la colline et dans le vallon, qui bordent

« le Petit et le Grand Salève à l'Orient. » Sans donner beaucoup de détails, il remarque que les blocs sont épars sur le Grand Salève entre les Treize-Arbres et la Croisette, à une élévation de 2000 à 2500 pieds au-dessus du lac[1]. De ce hameau jusqu'au delà des Pitons, on ne rencontre aucun bloc; mais il y en a au delà de ces sommités, à l'endroit où la montagne s'abaisse d'une manière notable ; le plus élevé est de véritable granit. Au-dessus de Cruseilles, les blocs sont assez abondants, sans être d'un très-grand volume.

On en voit donc dans presque toutes les parties de la montagne, même là où la pente du sol est assez roide pour qu'on ait de la peine à comprendre comment ils s'y sont arrêtés, et pourquoi ils n'ont pas roulé dans la plaine; d'autant plus que quelques-uns paraissent être arrivés avec une force assez grande pour avoir été brisés; car ils sont partagés par une fissure.

M. De Luc a encore signalé au pied du Grand Salève un groupe de 370 blocs erratiques dans les bois de Crevin; un autre de 45 au-dessus du village de Collonge près de la Croisette, à environ 1900 pieds au-dessus du lac, et un troisième de 266, dont six de 20 pieds de longueur, dans les prairies au-dessous de l'ancienne abbaye de Pomiers, à environ 900 pieds au-dessus du lac. Enfin, près du Châble, il a remarqué des blocs de même nature[2].

Dans les collines des Bornes, à l'E. du Salève, on rencontre beaucoup de blocs erratiques, et quoiqu'ils soient un peu en dehors du cadre de ce chapitre et que j'en parle

[1] *Mém. de la Soc. de Physique et d'Hist. nat. de Genève*, 1826, III, 139. — Les blocs ont certainement atteint le sommet du Grand Salève, haut de 1.04 mètres au-dessus du niveau de la mer.

[2] Voyez aussi Necker, *Etudes géologiques*, 330.

ailleurs (§ 142), je signalerai le grand bloc de protogine du ruisseau au S. de la Faulaz, à une petite lieue de l'église du Sapey. Sa plus grande dimension est dans sa hauteur, qui atteint 30 à 40 pieds, en sorte qu'il paraît se tenir debout. Le paysan qui m'avait conduit lui prodiguait les témoignages d'une naïve admiration. « Jamais, disait-« il, on n'a vu une si belle pierre : elle est tout entière, rien « de cassé. Et puis, elle est si tranquille ! On ne sait pas « si les pierres grandissent ; mais, il y a 15 ans, je pou-« vais monter dessus, à présent je ne sais comment cela se « fait, mais je n'y puis grimper, » etc., etc. Le ruisseau, qui mine la terre sur laquelle le bloc repose, était la cause de ce prétendu agrandissement, et me faisait craindre que « sa tranquillité » ne durât pas longtemps.

§ 238. — Au delà des Usses et dans les environs des villages de Choisy et de Sillingy, les blocs de roches primitives sont peu volumineux et assez rares. Dans le lit du Fier à Brogny on en trouve quelques-uns, et parmi les cailloux j'ai cru reconnaître le gneiss porphyroïde de Cevins en Tarentaise, ce qui indiquerait que ces localités appartiennent à la région envahie jadis par le glacier de l'Isère.

Lors du grand développement des glaciers de l'époque quaternaire, l'extrémité méridionale du Salève a probablement été, comme je l'ai dit (§ 150), en contact avec les trois glaciers de l'Isère, de l'Arve et du Rhône : le premier arrivait par la vallée du lac d'Annecy, le second franchissait les Bornes, et le troisième occupait le bassin du Léman. Les limites de ces glaciers ayant varié, on ne peut préciser l'espace occupé par chacun d'eux. Il paraît cependant certain qu'ils se mouvaient dans les endroits que je viens d'indiquer : ainsi l'on n'a jamais trouvé d'euphotide (roche valaisanne) dans la vallée de l'Arve, tandis qu'elle est abon-

dante dans le bassin de Genève. J'en dirai presque autant des blocs d'arkésine, quoique Jurine ait regardé cette roche comme appartenant à la vallée de l'Arve; mais je la crois très-caractéristique du bassin du Rhône (§§ 86 et 497)[1].

§ 239. — Encore quelques détails sur les blocs du mont Salève. On a indiqué aux environs de l'Hermitage des roches erratiques comme exemple de *blocs perchés*[2]; mais ce mot ne peut s'appliquer à ces blocs qui, étant situés sur une pente rapide, ne paraissent *perchés* que lorsqu'on les voit de bas en haut; d'autant moins qu'ils ne sont élevés au-dessus du sol que d'un seul côté et seulement de quelques pouces. Pour comprendre leur position, il faut en chercher la raison dans les actions réunies de l'eau et de la gelée sur la roche. C'est ce que prouve avec la dernière évidence l'examen d'un bloc situé au-dessus de Mornex. En effet, il était autrefois placé sur un piédestal haut de deux pieds environ, et ce support ayant diminué de largeur, ce rocher a glissé sans cesser de s'appuyer encore contre sa base. Il faut expliquer ce fait de la même manière que la formation des tables sur les glaciers, et croire que la roche est protégée par le bloc qu'elle supporte, de même que la glace est garantie par les gros débris qui sont à sa surface. Les agents atmosphériques attaquent et abaissent la surface du terrain autour du bloc, et à la longue celui-ci reste supporté par une petite colonne. Le piédestal du bloc de Mor-

[1] En montant au mont Salève lorsqu'il est entouré, jusqu'à une certaine hauteur, par les brouillards épais de l'hiver, on verra souvent, au-dessous d'un ciel bleu d'une pureté admirable des montagnes telles que le Môle, les Voirons, le Brezon, le Parmelan et les grandes Alpes, élever leurs sommets au-dessus des vapeurs d'un blanc éclatant qui dessinent autour d'eux des golfes, des promontoires, etc. J'ai souvent pensé que cette vue magnifique représentait assez bien notre pays lorsqu'il était envahi par les glaciers de l'époque quaternaire.

[2] Agassiz, *Etudes sur les glaciers*.

nex est formé par le poudingue inférieur à la mollasse.

L'action des agents atmosphériques, et surtout celle des eaux, est très-grande même sur les roches de calcaire compacte, et si l'on parcourt la localité appelée le Mont, on verra que les roches formées du calcaire blanc urgonien, sont couvertes de profonds sillons s'étendant dans le sens de la plus grande pente. Si ce calcaire est ainsi altéré, le poudingue de la mollasse le sera bien davantage.

§ 240. — Ceci nous amène naturellement à parler des **érosions** que présentent différentes parties du mont Salève. Elles sont de deux espèces : celles qui sont placées sur les parois verticales de la montagne, et celles qui sont sur des surfaces plus ou moins horizontales. Quant aux premières, de Saussure les décrit[1] et les regarde comme les preuves d'un grand courant diluvien. Elles prennent quelquefois la forme de grands sillons dont les plus remarquables sont : les Roches de l'Hermitage, la Balme du Démon au Petit Salève et la cavité située près du sentier allant par la Petite Gorge à la *Pierre-du-Midi* au Grand Salève[2]. Ces sillons sont tous dans le plan des couches de la montagne et sont évidemment produits par les eaux qui filtrent au travers des roches et par les gelées. En 1839, il s'est détaché un fort gros bloc *du toit des voûtes de l'Hermitage*, et l'on voit maintenant plusieurs parties de ce même *toit* qui sont sur le point de tomber. Si l'on a cru que ces sillons avaient été creusés horizontalement dans la montagne, c'est que la désagrégation qui les forme n'a lieu que dans la tranche de certaines couches, qui viennent affleurer à peu près horizontalement.

De Saussure a parlé aussi de grandes cavités dont les plus

[1] *Voyages*, §§ 55, 221 et suivants.

[2] De Luc, *Journal de Physique*, an VIII, 13.

remarquables sont au-dessus du Pas-de-l'Échelle (§ 209); elles ont la même origine que les sillons. M. Charles Martins en a figuré quelques-unes [1]; il attribue également leur origine à l'action des agents atmosphériques et nullement, comme l'avaient soutenu de Saussure et Bertrand, à des courants.

Quant aux érosions qui sillonnent des surfaces plus ou moins horizontales, telles qu'on en voit sur le sommet des Pitons, je pense qu'elles doivent leur origine principalement aux eaux de pluie, qui agissent avec une grande énergie sur ces sommités élevées et presque complétement dépouillées de végétation. Ce que nous avons dit des érosions du calcaire du *Mont* appuie tout à fait cette manière de voir. C'est probablement à cause de cette action de l'atmosphère et du manque de végétation, que l'on trouve si peu de *roches polies* sur le mont Salève; je ne connais que deux localités où l'on puisse en voir : l'une près de Mornex sur le chemin de Monetier, l'autre sur la rive droite des Usses, près du pont de la Caille.

§ 241. — J'ai vu près de Cruseilles, en aval du défilé dans lequel passe la route du Mont de Sion, un amas considérable de cailloux urgoniens, anguleux, polis et striés, qui reposent sur une roche de même âge, également polie et striée. Cet ensemble paraît indiquer l'ancienne présence d'un **glacier spécial au Salève**, descendant à peu près au niveau de 800 mètres au-dessus de la mer. Un peu au N. de Grange-Gaby, à environ 900 ou 1000 mètres d'altitude, on voit des dépôts du même genre, moins bien caractérisés.

§ 242. — Il se forme encore sur les flancs du mont Sa-

[1] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1855, XII, 314.

lève des dépôts tufeux, dont quelques-uns paraissent remonter à une haute antiquité. Je ne m'arrête pas aux stalactites et aux stalagmites que l'on observe en maints endroits; mais je dirai quelques mots des **calcaires tufeux**, placés entre Veirier et le château d'Étrembières, qui s'élèvent jusqu'à 100 pieds environ sur le flanc de la montagne. M. Brongniart les a décrits le premier [1]; M. Necker [2] en a également parlé. Il a remarqué, que dans l'intérieur du tuf et à une certaine hauteur il y a des couches de cailloux apportés par l'Arve; ce qui démontre que cette rivière coulait anciennement à un niveau plus élevé que maintenant.

Le produit de l'exploitation de ce dépôt est vendu à Genève sous le nom de *Greube;* c'est une espèce de terre jaune servant à des nettoyages. Ce calcaire renferme une grande quantité de corps organisés, qui m'ont paru identiques à des espèces vivantes. Cependant on pouvait espérer de trouver là un gisement analogue au tuf de Canstadt, dans lequel les parties anciennes contiennent des espèces perdues, et les parties récentes les espèces de la faune et de la flore actuelles. « En les déterminant exactement [3], on « arriverait peut-être à trouver que les corps organisés se « rapportent à des espèces appartenant à des climats diffé- « rents du nôtre, et cela pourrait fournir d'intéressants résultats. » M. de Mortillet a entrepris ce travail. Il a recueilli 27 espèces encore vivantes dans le pays. Il y a trouvé un *helix arbustorum*, qui diffère quelque peu du type vivant actuellement dans les environs. Il pense qu'il y a eu d'importants changements dans la population conchyliologique du pays, et il fait les remarques suivantes:

[1] *Descript. géologique des environs de Paris*, par MM. Cuvier et Brongniart. in-4, 1822, p. 310.

[2] *Etudes géologiques dans les Alpes*, I, 221.

[3] Cons. géologiques sur le mont Salève, 1848.

1. L'*helix fruticum* est peu abondante dans le tuf et s'est multipliée dans le pays.

2. L'*helix arbustorum* est commune dans le tuf et rare dans le pays.

3. L'*helix pomatia* et l'*helix nemoralis* ne se trouvent pas dans le tuf et abondent dans le pays.

4. L'*helix hortensis* se trouve dans le tuf, et elle n'est pas commune maintenant dans le pays [1].

Les variations signalées par M. de Mortillet sont intéressantes à étudier; mais elles ne semblent pas d'accord avec celles que M. Heer a déduites de l'examen des dépôts de lignite du canton de Zurich (§ 81, 177).

§ 243. — Parmi les curiosités qui peuvent attirer l'attention des naturalistes, j'indiquerai encore **quelques cavernes** du Salève; de Saussure s'en était déjà occupé, mais depuis quelques années de nouvelles grottes ont été découvertes et explorées. L'une des principales est située sous les premiers Pitons; on la nomme la Grotte des Trois Fées [2], et en fait de débris d'animaux, on n'y a recueilli que quelques ossements de chèvre. Les vides placés entre les grands blocs exploités au pied du Pas-de-Échelle, près du village de Veirier, forment des espèces de cavernes; on y a reconnu des traces d'anciens foyers et de nombreux ossements d'animaux.

En effet, je lis dans une intéressante brochure de M. Lartet [3] : « M. Fréd. Troyon a rappelé [4] la découverte faite « par M. Taillefer dans une caverne au-dessus [5] du Pas-

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 10 juin 1850. *Les Alpes*, 5.

[2] *Journal de Genève* du 29 mai 1863.

[3] Coexistence de l'homme et des grands mammifères fossiles, *Ann. des Sc. nat.*, 1861. *Zoologie*, XV, 227 et 231.

[4] *Indicateur d'Hist. et d'Antiquités suisses*, 1855, 51.

[5] Sans aucun doute, il faut lire *au-dessous*.

« de-l'Échelle, entre le Grand et le Petit Salève, près de « Genève, d'une sorte de brèche renfermant des silex tail- « lés, des débris de charbon et beaucoup d'os fracturés. « Parmi ces os, qu'un heureux hasard a fait passer sous « mes yeux, je n'ai retrouvé, en fait de grands animaux, « que des restes de Bœuf, de Cheval et de Renne. Les os « avaient été cassés en apparence, dans le même système « que ceux trouvés dans les autres cavernes habitées par « l'homme. »

M. le professeur Thury a observé dans une autre grotte un reste de foyer qui était accompagné d'ossements et de fragments de poterie, qui semblaient appartenir à l'époque nommée âge de bronze [1], et M. Thioly [2] a décrit différents débris de l'industrie humaine, recueillis dans la caverne de Bossey.

Il est possible que des recherches soignées fassent reconnaître que dans notre pays, ainsi que dans d'autres régions, l'homme a été contemporain non-seulement d'espèces qui ne vivent plus dans la contrée, mais d'espèces éteintes. Quoi qu'il en soit, la présence du **renne** constatée dans le bassin du Léman, soit dans les cavernes, soit dans les terrasses (§§ 44 et 45) [3], est un fait intéressant.

Il est encore une observation à faire sur les traces laissées par l'homme à la surface du mont Salève : je veux parler des **scories de fer** que l'on rencontre, en quantité

[1] Procès-verbal de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, d'après les *Actes Soc. helvétique des Sc. nat.*, Lucerne, 1862, 301 (fouilles de 1864).

[2] *Mém. de la Soc. d'Hist. et d'Archéologie de Genève*, 1865, XV, 232.

[3] On a trouvé récemment un nouveau bois de renne dans l'alluvion des terrasses de la gare de Saint-Prex, canton de Vaud, à un niveau qui paraît à peu près le même que celui du bois de renne de Cully. *Bullet. Soc. vaud. des Sc. nat.* 1866, IX, 93.

notable, associées à la terre végétale. Leur fabrication paraît remonter à une certaine ancienneté ; mais il n'en est pas moins curieux de trouver tant de scories dans une montagne qui contient maintenant si peu de fer. Ce fait n'est pas isolé, et l'on a également signalé en Bretagne des amas de scories qui paraissent fort anciens [1].

IV. STRUCTURE DU MONT SALÈVE

§ 244. — J'ai déjà donné quelques détails sur la configuration du mont Salève ; mais il est certains faits que je ne voulais indiquer qu'après avoir décrit les terrains de cette montagne. Les couches qui la forment sont, comme je l'ai dit, parallèles entre elles ; cependant on peut observer quelques failles qui interrompent ce parallélisme. Une des plus curieuses est celle que l'on voit dans la Grande et dans la Petite Gorge, particulièrement dans cette dernière. Je l'avais indiquée dans les coupes générales que j'ai données, et M. Lory en a fait un croquis [2] sur une plus grande échelle (Pl. III, fig. 4). J'avais cru que le manque de parallélisme des couches était placé entre le terrain jurassique et le terrain néocomien ; M. Lory pensait de même. Mais je voyais dans cet accident de terrain une discordance de stratification, tandis que ce savant combattait cette idée.

Remarquons d'abord que ce manque de parallélisme s'observe à un fort petit nombre de mètres au-dessous de la couche à *Ostrea rectangularis* (Petite Gorge). Or, on sait maintenant que l'étage valangien, dont l'épaisseur est

[1] Halleguen, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1861, LIII, 913.

[2] Mémoire sur les terrains crétacés du Jura, *Mémoires de la Société d'émulation du Doubs*, 1857, p. 290, fig. 9.

grande, se trouve au-dessous de cette couche ; par conséquent, les assises immédiatement inférieures à la ligne près de laquelle les couches ne sont pas parallèles, et que nous avions appelées jurassiques, sont valangiennes ; dès lors il est évident que ce que j'avais pris pour une discordance de stratification, n'est qu'une faille dans le terrain néocomien.

En renonçant à voir au Salève une discordance de stratification entre le terrain jurassique et le néocomien, je suis d'accord avec MM. Lory, Etallon [1], d'Orbigny [2], Thiollière [3], et je ne saurai reconnaître dans cette montagne la preuve de ce qu'ont avancé, pour d'autres localités, sur ce point spécial, MM. de Montmollin [4], Chamousset [5], Itier [6], Marcou [7] et Thurmann [8]. En lisant les pages intéressantes, où de Saussure [9], L. de Buch [10] et M. Élie de Beaumont [11] ont distingué le terrain néocomien du terrain jurassique, on voit que ces savants avaient plus ou moins précisé l'existence d'une discordance de stratification entre ces deux dépôts. Il est probable qu'en examinant de nouveau les localités dans lesquelles ces géologues ont fait leurs

[1] *Esquisse d'une description géologique du haut Jura.* Paris, 1857, p. 70.

[2] Ce savant admet que les couches sont presque concordantes. *Cours élémentaire*, II, 589.

[3] Nouveau gisement de poissons fossiles dans le Jura du département de l'Ain, *Soc. d'Agricult. de Lyon*, 16 juin 1848. Exemplaire à part, p. 9.

[4] *Mém. Soc. de Neuchâtel*, 1835, I.

[5] Réunion extraordinaire à Aix, *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1842, XIII, 443.

[6] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 22 août 1842. *Rapport sur un Mémoire de M. Itier*, exemplaire à part, p. 17.

[7] *Archives*, 1859, IV, 57.

[8] *Essai sur les soulèvements jurassiques*, 2me cahier, 1836, p. 37.

[9] *Voyages*, § 348, 357, 392.

[10] *Catalogue*, manuscrit indiqué par M. Montmollin.

[11] Révolutions de la surface du globe, *Ann. des Sc. nat.*, 1829, XVIII.

études, l'on trouverait, comme au Salève, que la prétendue discordance est entre l'étage moyen du terrain néocomien et l'étage inférieur ou valangien.

§ 245. — Les gorges ne sont pas les seuls endroits qui offrent des anomalies dans la stratification des couches du Salève. Ainsi lorsqu'on monte de Monetier au Grand Salève, en suivant l'ancien grand chemin, on arrive à un tournant très-aigu de la route. Ici les roches ne sont plus horizontales, mais ondulées, et dans le voisinage de l'escarpement elles se relèvent de 15 à 20° du côté de Genève. Un peu plus haut que le tournant dont nous parlons, le terrain valangien arrive à un horizon plus élevé que le néocomien moyen (Pl. III, fig. 5). La ligne sur laquelle a eu lieu le frottement entre les deux étages, est une fente qui a été comblée par des débris calcaires, réunis par une pâte ferrugineuse.

On peut conclure que les roches, qui forment la *façade* du Grand Salève du côté de Genève, sont plus élevées que celles de même âge dans l'intérieur de la montagne. Ces dislocations ont une origine commune; elles prouvent que le maximum d'intensité de la rupture des couches, qui a donné au Salève sa configuration, a eu lieu suivant un plan vertical passant à peu près au pied de l'escarpement de la montagne, entre sa plus grande masse et les couches verticales qui s'appuient contre elle. Suivant ce plan, qui est l'axe anticlinal, il s'est formé une faille qui a séparé longitudinalement la masse calcaire en deux parties. Au S.-E., les roches se sont élevées à une hauteur considérable par l'effet d'un refoulement latéral, et ont formé le Salève, tandis qu'au N.-O. elles ne sont presque pas sorties de terre; elles sont en couches verticales, et leur partie visible est relativement peu considérable. Si la faille dont je viens de

parler n'avait pas eu lieu, le Salève aurait la forme d'une voûte, et offrirait des deux côtés une pente semblable à celle qu'il a vis-à-vis des Alpes.

Je rappellerai que le mont Salève en entier est une forme locale de l'axe anticlinal qui traverse une partie de la Savoie, la Suisse et une partie de la Bavière sur 370 kilomètres de longueur. On peut expliquer cette forme, en disant que la masse calcaire du Salève est sortie de terre au travers d'une fente produite dans la mollasse, dont elle a considérablement écarté les deux lèvres. Ceci paraît vrai, soit que le Salève ait été tiré des profondeurs du sol tout entier après le dépôt de la mollasse, soit que sa forme ait déjà été plus ou moins dessinée avant le dépôt de la roche tertiaire, et qu'il n'ait été que rehaussé par le mouvement qui a redressé cette dernière. Il est assez probable, en effet, que cette montagne était déjà émergée à l'époque des dépôts du terrain tertiaire qui l'entoure, puisqu'on n'en voit aucun lambeaux sur les hauteurs. Cependant il se pourrait que les roches déposées dans les parties élevées eussent été emportées par dénudation.

Mais le Salève a-t-il été formé par un soulèvement agissant de bas en haut, ou par un refoulement latéral agissant parallèlement à la surface de la terre, de manière à produire des rides que notre petitesse nous fait considérer comme des montagnes? Cette question difficile à résoudre se rattache à l'origine de ces grandes masses minérales, et nous aurons plusieurs fois l'occasion dans le cours de cet ouvrage de montrer que certains effets ont été produits par des refoulements latéraux et ne peuvent être le résultat d'un soulèvement.

L'une des coupes les plus intéressantes du Salève, est

celle de Crevin à Naz en passant par la Grande Gorge et Grange-Gaby (Pl. III, fig. 6); elle a beaucoup de rapport avec celle prise sur le versant du Grand Salève du côté de Monetier (Pl. III, fig. 2). Dans ces coupes on voit tout ou partie des couches suivantes :

gl. Terrain glaciaire.
1. » de la mollasse.
2. » du grès marin inférieur.
2*a*. » sidérolitique.
3. » urgonien.
4. » du néocomien jaune à grains verts.
5. » du néocomien moyen, marneux.
6. » du calcaire roux, valangien.
7. » du calcaire blanc, »
8. Calcaire cloisonné.
9. » brèche à cailloux noirs.
10. Terrain jurassique, corallien.

CHAPITRE XIII

DESCRIPTION DES FOSSILES

DE L'OOLITE CORALLIENNE, DE L'ÉTAGE VALANGIEN ET DE L'ÉTAGE URGONIEN

DU MONT SALÈVE

PAR

P. DE LORIOL

Introduction, § 246. — I. Fossiles de l'oolite corallienne, 247. — II. Fossiles de l'étage valangien, 248. — III. Fossiles de l'étage néocomien moyen, 249. — IV. Fossiles de l'étage urgonien, 250.

§ 246. — Dans un précédent mémoire, j'ai décrit les fossiles du néocomien moyen du mont Salève, il me restait à déterminer ceux que renferment les couches de l'oolite corallienne, du valangien et de l'urgonien. M. le professeur Favre m'a engagé à entreprendre cette étude et a bien voulu me proposer d'en publier les résultats dans les « Recherches géologiques. » J'ai été heureux d'accepter cette offre bienveillante et de profiter de cette occasion de compléter mon premier travail.

Des matériaux assez étendus ont été mis à ma disposition. MM. Favre, Rochat, Renevier m'ont confié avec une grande complaisance tous les fossiles de leurs collections qui pouvaient m'être utiles; Madame De Luc a eu l'obligeance de me permettre de faire dessiner plusieurs pièces intéressantes de la collection classique qui se trouve entre ses mains; enfin j'ai trouvé un assez grand nombre d'es-

pèces dans les collections du musée de Genève. Malgré toutes ces ressources, je suis forcé de reconnaître que mon travail est encore très-incomplet, et que les couches que j'ai étudiées sont bien plus riches que ne le ferait supposer l'ensemble des espèces décrites ci-dessous. Il reste encore beaucoup à faire à ceux qui voudront exploiter après moi les gisements intéressants du Salève.

M. E. de Fromentel a eu l'extrême bonté d'examiner tous les polypiers et de rectifier mes déterminations; je désire lui en témoigner toute ma reconnaissance.

Il m'a paru qu'il valait mieux ne décrire que les espèces dont j'ai pu étudier de bons exemplaires et laisser de côté toutes celles qui sont encore trop imparfaitement connues pour qu'il pût y avoir quelque intérêt à les nommer et à les faire figurer.

Je n'ai pas eu la prétention de donner la synonymie complète des espèces connues, j'ai simplement cité les ouvrages les plus importants.

I. FOSSILES DE L'OOLITE CORALLIENNE

(La liste de ces fossiles a été donnée § 217.)

§ 247. — Les principales localités où peuvent se recueillir les fossiles de l'oolite corallienne sont la carrière de Monetier sur le Grand Salève et le bas de la Grande Gorge; ils sont en général assez mal conservés; les polypiers sont nombreux, mais empâtés à un tel point par la roche qu'il faut presque toujours avoir recours à l'acide ou même à la meule pour parvenir à les distinguer; leurs caractères essentiels se trouvent ainsi presque toujours altérés, et les déterminations sont souvent très-incertaines. Parmi les espèces qui sont restées douteuses, ou que leur

mauvais état de conservation ne m'a pas permis de décrire, je dois signaler les suivantes :

Synastrea arachnoides, Edw. et Haime?
Latimeandra, sp. nova
Oroseris, sp. nova
Thecosmilia Buvignieri, Michelin?
Pleurosmilia, sp.
Centrastrea, sp

Il y a en outre quelques espèces que M. Favre avait indiquées dans ses *Considérations sur le mont Salève*, et que je n'ai pu retrouver ; elles existent probablement dans la collection De Luc.

Il est impossible de ne pas être frappé de l'analogie que présente la faune de l'oolite corallienne du Salève avec celle du calcaire de Stramberg. Voici les fossiles qui se rencontrent également dans l'une et dans l'autre de ces deux localités :

Nerinea depressa, Volz.
» Defrancei, Deshayes.
» dilatata, d'Orb.
» Moreana, d'Orb.
Cerithium nodoso-striatum, Peters.
Cardium Corallinum, Leymerie.
Pecten globosus, Quenstedt.
Terebratula Moravica, Glocker.
» Bieskidensis, Zeuschner.
» formosa, Suess.
Rhynchonella Astieriana, d'Orbigny.
» lacunosa, d'Orb.
Desorella Icaunensis, Cotteau.
Thamnastrea Genevensis, Edw. et H. (Defrance).

Oppel, dans son dernier travail, envisageait ces couches

comme appartenant au même horizon géologique, et il les comprenait dans le nouvel étage auquel il avait provisoirement donné le nom d'Étage tithonique.

NERINEA DEPRESSA, Voltz.

SYNONYMIE.

Nerinea depressa, Voltz, 1836, in Bronn's Jahrbuch, 1836, p. 540.
Id. Bronn, 1836, in Jahrbuch, 1836, p. 549, pl. 6, fig. 17 *a*, *b*.
Id. Bronn, 1848, Index Pal., p. 801.
Nerinea umbilicata, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 4.
Nerinea depressa, d'Orb., 1850, Pal. fr. Terr. jurassique, t. II, p. 104, pl. 259 (sous le nom d'*umbilicata*).
Id. Buvignier, 1852, Stat. Géol. Meuse, Atlas, p. 34.
Id. Peters, 1855, Nerineen des oberen Jura in Oesterreich, p. 29, in Sitzungen der k. k. Acad. der Wiss., t. XVI.
Id. Quenstedt, 1858, Jura, p. 765, pl. 94, fig. 1, 2.
Id. Étallon, 1859, Monographie du corallien du Haut-Jura, p. 27.
Id. Étallon, 1861, Lethea Bruntrutana, p. 97, pl. 8, fig. 12.

DIMENSIONS :

L'état de conservation des exemplaires du Salève ne me permet pas de donner des dimensions certaines. Le plus grand paraît avoir eu au moins :

Longueur		115mm
Largeur du dernier tour	environ	32
Largeur de l'ombilic		15
Angle spiral		17°

Grande espèce allongée, conique. Spire composée de tours plans, sans ornements; dans le moule intérieur ils sont très-arrondis, sauf le dernier qui est un peu caréné. Ombilic très-ouvert, à parois internes, entièrement lisses. Un seul pli prononcé à la columelle, point au labre.

Rapports et différences. Cette espèce est bien caractérisée par son pli columellaire unique, son large ombilic et ses tours de spire plans et sans ornements. La *N. Pyramidata* Münster, qui d'après M. Peters vient, non de Gosau, mais du corallien de Glassen et de Stramberg, est une espèce voisine, bien distincte par ses tours concaves, un peu bordés aux sutures, et par son angle. Les moules intérieurs sont facilement reconnaissables à la forme très-arrondie des tours, indiquée déjà par Voltz.

Observation. M. Peters (loc. cit.) estime que l'espèce figurée par d'Orbigny n'est pas la véritable *N. depressa* Voltz, figurée par Bronn dans son Jahrbuch, mais une autre espèce à laquelle il conviendrait de rendre le nom de *N. umbilicata* que lui avait d'abord donné d'Orbigny lui-même dans le Prodrome. Cette opinion me paraît assez fondée ; les exemplaires du Salève se rapportent parfaitement à l'espèce de d'Orbigny, mais je ne puis fournir aucun document nouveau pour aider à la solution de cette question.

Localité. Carrière de Monetier. Collections Favre, Rochat. Assez rare.

NERINEA DEFRANCEI, Deshayes.

SYNONYMIE.

Nerinea Defrancei, Deshayes, 1836, Mollusques de l'exped. de Moree, p. 186, pl. 2, fig. 1—2.
Nerinea nodulosa, Deslongchamps, 1842 (non Deshayes), Mem. Soc. Lin. de N.-N., p. 181, pl. 8, fig. 23—24.
Nerinea suprajurensis, var., Bronn, 1848, Index Paléont., p. 803.
Nerinea Defrancei, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 4.
Id. d'Orb., 1850, Pal. fr. Terr. jur., p. 108, pl. 262, fig. 1, 2.
Id. Buvignier, 1852, Stat. Geol. Meuse, Atlas, p. 34.
Id. Étallon, 1859, Monographie du corallien du Haut-Jura, p. [illegible].
Id. Étallon, 1861, Lethea Bruntrutana, p. 102, pl. 8, fig. 18.
Id. Hohenegger, 1861, Geogn. Verhalt. in N. Carpathen, p. 20[illegible].

DIMENSIONS :

Longueur approximative, donnée par l'angle	[illegible]
Largeur du dernier tour	[illegible]
Hauteur des tours par rapport à leur diamètre	[illegible]
Angle spiral	[illegible]
Angle sutural	[illegible]

Coquille très-allongée, conique, non ombiliquée. Tours de spire évidés au milieu, bordés en avant, immédiatement au-dessous des sutures, par une rangée de gros tubercules très-rapprochés. Dernier tour caréné. Bouche un peu quadrangulaire. Deux plis prononcés à la columelle et un au labre.

Rapports et différences. La *Nerinea Defrancei* est voisine de la *N. suprajurensis*, Voltz, dont elle se distingue par ses tours de spire tuberculeux, plus évidés et plus hauts proportionnellement

et de la *N. Castor*, d'Orb., dont l'angle est plus ouvert et dont les tours sont lisses.

Observation. Les exemplaires du Salève sont identiques à la *N. Defrancei*, d'Orb., figurée dans la Pal. fr. MM. Buvignier et Étallon ont émis des doutes sur l'identité de cette espèce avec la *N. Defrancei*, Deshayes. C'est une question que je ne puis trancher. Les tubercules sont le plus souvent effacés dans nos échantillons, ils se retrouvent néanmoins très-clairement sur un bel exemplaire de la collection De Luc.

Localité. Carrières de Monetier. Assez rare. Collections Favre, Rochat, De Luc.

NERINEA DILATATA, d'Orb.

Pl. A, fig. 1, 2.

SYNONYMIE.

Nerinea dilatata,	d'Orb., 1851,	Pal. fr. Terr. juras., t. II, p. 146, pl. 278, fig. 1—3.
Id.	Buvignier, 1852,	Stat. Geol. Meuse, Atlas, p. 34.
Id.	Étallon, 1859,	Monographie du corallien du Haut-Jura, p. 29.
Id.	Hohenegger, 1861,	Geognost. Verh. d. N. Carpathen, p. 20.

DIMENSIONS :

Largeur approximative donnée par l'angle	80mm
Diamètre du dernier tour	23
Largeur des tours par rapport à leur diamètre	0,42
Diamètre de l'ombilic par rapport au diamètre du dernier tour	0,25
Angle spiral	18°

Coquille conique, ombiliquée, tours de spire assez fortement excavés au milieu pour que les sutures paraissent bordées de bourrelets, du reste entièrement lisses; le dernier est fortement anguleux. Le labre portait un seul pli médian, la columelle deux plis, l'un au sommet, l'autre très-inférieur.

Rapports et différences. Par la forme évidée de ses tours sans ornements et la disposition de ses plis, cette espèce se distingue facilement des autres nérinées ombiliquées.

Observation. Les exemplaires du Salève sont de plus petite taille que celui qui a été figuré par d'Orbigny, mais ils sont en tous points identiques, leur conservation est assez bonne.

Localité. Bas de la Grande Gorge. Assez rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 1. *Nerinea depressa*, de grandeur naturelle.
Pl. A, fig. 2. Coupe d'un autre individu. Le dessin ne fait pas assez bien comprendre la presence de l'ombilic.

NERINEA MOREANA, d'Orb.

SYNONYMIE

Nerinea Moreana, d'Orb., 1841, Revue zoologique, p. 319
Nerinea Moreauiana, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 3.
Nerinea Tornatella, Buvignier, 1850, in Deshayes, Traite elem. de Conch., p. [illegible] Atlas des planches), pl. 76, fig. 15.
Nerinea Moreana, d'Orb., 1850, Pal. fr. Terr. juras., t. II, p. 100, pl. 257, fig. [illegible]
Id. Buvignier, 1852, Statist. de la Meuse, p. 35, pl. 24, fig. 10, 12
Nerinea Clymene? Buvignier, 1852, id. p. 35, pl. 24, fig. 13
Nerinea Moreana, Peters, 1855, Nerineen des oberen Jura in Oesterreich, p. 18, pl. [illegible] fig. 5—7.
Id. Étallon, 1859, Monographie du corallien du Haut-Jura, p. [illegible]
Id. Hohenegger, 1861, Geogn. Verh. d. N. Carpathen, p. 2

DIMENSIONS.

Angle spiral	environ [illegible]
Longueur approximative	[illegible]
Largeur du dernier tour	[illegible]

Coquille courte, fusiforme. Spire composée de tours se recouvrant presque entièrement, ornés de 8 à 10 grosses côtes, ou plutôt de tubercules allongés, plus saillants vers la partie inférieure. Le dernier tour, beaucoup plus grand que les autres, est entièrement lisse à sa partie supérieure et porte seulement une ceinture de gros tubercules un peu au-dessus de la suture. Un pli au labre et deux à la columelle. Les exemplaires de cette espèce trouvés au Salève sont assez bien conservés et correspondent parfaitement aux descriptions et aux figures données. L'angle spiral, qui paraît d'ailleurs assez variable, est plus ouvert, ce qui la rend un peu plus pupoïde. Les tubercules sont très-saillants.

Rapports et différences. La *N. Moreana*, très-caractérisée par sa forme et par ses tubercules, ne peut guère être confondue qu'avec la *N. Clymene*, d'Orb., qui est entièrement lisse, et qui

du reste est envisagée par M. Buvignier comme une *N. Moreana* roulée et usée.

Localité. Au-dessus de Bossey. Collection Favre.

NERINEA SALEVENSIS, de Loriol.

Pl. A, fig. 5.

DIMENSIONS :

Hauteur des tours par rapport à leur diamètre.	0,41
Angle spiral	26°

Coquille conique, probablement ombiliquée. Tours de spire excavés, assez étroits, ornés de deux rangées de gros tubercules en dessus et en dessous des sutures, ceux de la rangée inférieure sont arrondis et espacés; ceux de la rangée supérieure sont coniques, rapprochés par la base et beaucoup plus gros, chacun d'eux occupant exactement la place de deux des autres. Entre ces deux rangées de tubercules on remarque en outre sur chaque tour trois cordelettes; celle du milieu est lisse, les deux autres sont granuleuses. Le labre porte un pli presque médian, très-prononcé, la columelle en a deux, l'un supérieur, l'autre très-inférieur. Dans le moule, les tours sont profondément divisés par le pli du labre, la partie supérieure est arrondie et saillante en forme de cordon, la partie inférieure est aplatie.

Rapports et différences. Malgré de nombreuses recherches, il m'a été impossible de trouver une nérinée décrite qui présentât les mêmes caractères d'ornementation joints à des plis identiques. La *Nerinea Zeuschneri*, Peters (*N. Voltzii* Zeuschner, non Desh.), du corallien d'Innwald et de Stramberg, a également des tubercules infra et supra-suturaux, mais disposés inversément, c'est-à-dire que ce sont les tubercules placés au-dessus de la suture qui sont les plus gros; en outre il n'y a pas de cordelettes intermédiaires, et l'angle est beaucoup moins ouvert.

Observation. Bien qu'il ne soit pas très-prudent en général de décrire une nouvelle espèce de nérinée d'après des fragments, l'exemplaire du Salève est cependant trop bien caractérisé et en assez bon état de conservation pour que j'aie cru devoir le passer sous silence, je connais un échantillon avec le test et un fragment de moule.

Localité. Bas de la Grande Gorge. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 5 *a*. *Nerinea Salevensis*, de grandeur naturelle.
Pl. A, fig. 5 *b*. Coupe du même individu.

ITIERIA RENEVIERI, de Loriol.

Pl. A, fig. 3 et 4.

DIMENSIONS :

Longueur	[illegible]
Largeur du dernier tour	[illegible]
Angle de la spire	[illegible]

Coquille courte, ovoïde, ombiliquée. Spire courte formant un angle très-ouvert, composée de tours nombreux, très-embrassants, en gradins; le dernier, presque cylindrique dans le jeune âge, se rétrécit notablement en avant dans l'âge adulte, sa longueur forme alors les 70 centièmes de la longueur totale. Sutures fortement marquées, légèrement canaliculées. Ouverture allongée, très-étroite, surtout à son extrémité inférieure, avec 5 plis internes dont trois sur la columelle et deux sur le labre. Ombilic étroit.

Rapports et différences. Deux espèces pourraient être rapprochées de celle-ci: L'*I. Cabanetiana* d'Orb. a des plis beaucoup moins nombreux, une spire beaucoup plus courte, surtout dans le jeune âge, et un ombilic plus large. L'*I. Staszycii*, (Zeuschner) Peters, a le même nombre de plis, mais sa forme est bien plus allongée, sa spire plus longue, son angle spiral moins ouvert et son ouverture proportionnellement moins étroite, surtout en arrière.

Localité. Mont Salève, carrières de Monetier. Très-rare. Je n'en connais que trois exemplaires, l'un appartenant à M. Renevier, l'autre à M. Rochat; il en existe un troisième dans la collection De Luc.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 3 *a*. *Itieria Renevieri*, individu adulte, de grandeur naturelle (Coll. Renevier).
Pl. A, fig. 3 *b*. Coupe du même.
Pl. A, fig. 3 *c*. Le même vu du sommet, pour montrer l'enroulement de la spire.
Pl. A, fig. 4. *Itieria Renevieri*, jeune, de grandeur naturelle. Collection Rochat.

GENRE PSEUDOMELANIA, Pictet.

Ce genre a été établi par M. Pictet (Pal. Suisse, Pictet et Campiche, foss. de Sainte-Croix, 2e partie, p. 266) pour une portion des espèces rangées par d'Orbigny dans les Chemnitzia. Il comprend des coquilles turriculées à spire aiguë, à test épais sans ornements, dont l'ouverture n'a pas de sinus, ni de canal, ni de plis au labre ou à la columelle.

PSEUDOMELANIA CALYPSO, (d'Orb.) Pictet.

Chemnitzia Calypso, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 2.
Id d'Orb., 1850, Pal. fr. Terr. jurassique, t. II, p. 68, pl. 249, fig. 5—6

Je ne connais qu'un exemplaire de cette espèce, incomplet, mais paraissant pouvoir être rapporté avec certitude à la *Ps. Calypso*. Son angle spiral est un peu plus court, 50° au lieu de 45°, mais il est reconnaissable à sa forme conique, pupoïde, à ses tours plans se recouvrant beaucoup, sans sutures marquées.

Localité. Bas de la Grande Gorge, mont Salève. Très-rare. Musée de Genève.

PSEUDOMELANIA CLIO, (d'Orb.) Pictet.

Pl. A, fig. 6.

SYNONYMIE.

Chemnitzia Clio, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 2.
Id. d'Orb., 1850, Pal. fr. Terr. jurass., t. II, p. 66, pl. 249, fig. 2, 3.
Id. Étallon, 1859, Monogr. de l'etage corallien, II, p. 22.
Id. Étallon, 1861, Lethea Bruntrutana, p. 87, pl. 6, fig. 26.

DIMENSIONS.

Longueur totale	environ	150mm
Diamètre du dernier tour		28
Hauteur des tours, par rapport à leur diamètre		0,72
Angle spiral		12°

Coquille très-allongée, conique, tours de spire plans, sans saillies, lisses, bordés à un millimètre de la suture par un sillon longitudinal, étroit et profond. Ouverture petite, un peu carrée, pourvue d'une faible gouttière à sa partie postérieure; labre sinueux à la base. Columelle paraissant encroûtée.

Rapports et différences. Par tous ses caractères, cette espèce est identique à la *Ch. Clio*, d'Orb. La forme de l'ouverture seule est différente, sa base est un peu en gouttière, ce qui oblige à former pour elle une section à part dans le genre Pseudomelania. Étallon a déjà figuré la *Ps. Clio* (Leth. Brunt. loc. cit.) avec une ouverture analogue à celle de l'individu du Salève; il explique que la figure de d'Orbigny donne à tort à cette espèce une ouverture ovale. Je me range à cette opinion, car tout le reste de la coquille est identique, et il est possible que l'ouverture ait été restaurée. Deux espèces pourraient être confondues avec des *Pseud. Clio* incomplètes; l'une, la *Chemnitzia Bronni*, Rœmer, a également un sillon supra-sutural, mais les tours de spire sont bien plus carrés. La *Chemn. Cæcilia*, d'Orb., a l'angle spiral plus ouvert, et ses sutures ne sont pas bordées.

Localité. Carrière de Monetier. Assez rare. Collections Favre, musée de Genève.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 6. *Pseudomelania Clio*, de grandeur naturelle. Collection Favre

CERITHIUM NODOSO-STRIATUM, Peters.

Pl. A, fig. 8.

SYNONYMIE.

Cerithium nodoso-striatum, Peters, 1855, die Nerineen des oberen Jura in Oesterr. p. 31, pl. 4, fig. 6, 7.

DIMENSIONS :

Longueur donnée par l'angle	environ [illegible]
Largeur du dernier tour dans le moule	[illegible]
Angle spiral	environ [illegible]

Voici la description que M. Peters donne de son espèce : « Angle spiral 27-30°. Longueur 45-100mm. Largeur maximum « 22-32mm. Coquille turriculée. Tours étroits, en gradins, ornés « dans leur partie inférieure de deux ou trois petites côtes sail-

« lantes et en dessus d'une rangée de gros tubercules lisses. Le « dernier tour est couvert de fines stries longitudinales, l'ouver- « ture est trapézoïdale, la partie interne est arrondie. » L'exemplaire du Salève que je lui rapporte est incomplet; c'est un moule intérieur ayant exactement la même forme et le même angle que le *Cer. nodoso-striatum*; de plus, des fragments de test conservés montrent clairement les gros tubercules saillants si remarquables à la partie supérieure des tours, l'ouverture est aussi parfaitement identique. Je ne saurais trouver aucune différence appréciable entre ces deux espèces; il serait à désirer toutefois que la découverte d'un exemplaire plus complet et présentant les détails du test vienne confirmer cette association. Le *Cer. nodoso-striatum*, Peters, provient du calcaire corallien de Stramberg en Moravie.

Localité. Carrière de Monetier sur le Grand Salève. Un seul exemplaire. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 8. *Cerithium nodoso-striatum*, de grandeur naturelle.

CERITHIUM SALEVENSE, de Loriol.

Pl. A, fig. 7.

DIMENSIONS :

Angle spiral	22°
Longueur approximative donnée par l'angle	70mm
Diamètre du dernier tour	20
Rapport des tours par rapport à leur diamètre, moyenne	0,24

Coquille allongée, turriculée. Tours de spire nombreux, étroits, peu convexes, ornés en travers de côtes nombreuses, saillantes, droites, aussi larges que l'intervalle qui les sépare; au-dessus des côtes est une ceinture de granules assez gros, se touchant par la base, arrondis, réguliers; à la partie supérieure du dernier tour existaient en outre plusieurs petites côtes longitudinales, lisses, rapprochées. L'ouverture n'est pas conservée; une coupe longitudinale montre qu'elle était allongée et que le canal était probablement assez court.

Rapports et différences. Cette espèce me paraît pouvoir être classée avec certitude dans le genre Cerithe, dont elle a tous les caractères extérieurs; l'ouverture n'existe malheureusement pas

dans le seul échantillon connu, mais l'inspection de la coupe longitudinale permet d'en apprécier les caractères qui sont ceux des espèces du genre. Ni la columelle, ni le labre ne portent aucune trace de plis. Je ne connais pas d'espèce qui puisse être confondue avec celle-ci.

Localité. Corallien du Salève. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 7 *a*. *Cerithium Salevense*, de grandeur naturelle.
Pl. A, fig. 7 *b*. Coupe du même.

CERITHIUM MONETIERENSE, de Loriol.

Pl. A, fig. 9.

DIMENSIONS

Longueur donnée par l'angle	au moins	[illegible]
Diamètre du dernier tour		[illegible]
Hauteur des tours par rapport à leur diamètre		[illegible]
Angle spiral		[illegible]

Coquille très-allongée, aciculée. Tours de spire plans, le dernier un peu renflé, ils sont marqués seulement de légères lignes d'accroissement et d'un sillon longitudinal, étroit, placé à un millimètre au-dessus des sutures. Test épais. Ouverture ovale, terminée en avant par un canal très-distinct et assez allongé et probablement par un sinus à la base. Le moule est entièrement lisse, on remarque toutefois la trace de deux petites carènes longitudinales, très-obtuses; l'examen d'une coupe polie montre qu'il n'y avait aucune trace de plis columellaires.

Rapports et différences. Cette espèce intéressante ne peut être confondue avec aucune autre; je n'en connais qu'un seul exemplaire, mais son ouverture est assez bien conservée pour motiver suffisamment son classement dans le genre *Cerithium*, la présence d'un canal antérieur l'éloignant entièrement des *Pseudomelania*.

Localité. Carrière de Monetier, Grand Salève. Collection Favre.

Explication des figures

Pl. A, fig. 9. *Cerithium Monetierense*, de grandeur naturelle

NATICA DEJANIRA, d'Orb.

SYNONYMIE.

Natica Dejanira, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 6.
Natica Delia, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 6.
Natica Dejanira, d'Orb., 1850, Pal. fr. Terr. jurass., t. II, p. 209, pl. 296, fig. 1, 2.

DIMENSIONS :

Angle spiral		69°
Longueur totale donnée par l'angle	environ	50mm

Je n'ai sous les yeux qu'un moule intérieur, de l'oolite corallienne du mont Salève, qui me paraît pouvoir être rapporté à cette espèce avec quelque certitude. Sa forme est allongée. Ses tours de spire convexes et entièrement lisses croissent assez rapidement sous un angle régulier, l'ombilic, à en juger par des traces de test, était presque entièrement encroûté, l'ouverture ovale, un peu prolongée à la base. Cette espèce, par sa forme allongée et son angle peu ouvert, se distingue assez facilement. La *Natica Daphne*, qui en est voisine, est encore plus allongée, et ses tours de spire dans le moule sont entièrement détachés. Il est du reste bien difficile d'arriver à une détermination entièrement satisfaisante avec un simple moule de natice.

Localité. Mont Salève. Oolite corallienne. Collection Favre.

NERITOPSIS MORTILLETI, de Loriol.

Pl. A, fig. 10.

DIMENSION :

Diamètre du dernier tour	16mm

(Autres dimensions incertaines.)

Coquille renflée. La spire ne se compose que de deux tours et demi, le dernier est très-grand et forme à lui seul presque la totalité de la coquille, les autres étant à peine saillants; il est très-convexe, renflé, couvert d'un grand nombre de petites côtes longitudinales, très-fines, très-rapprochées, avec lesquelles viennent se croiser des stries transversales si fines qu'elles ne sont visibles qu'avec une forte loupe. On remarque une dépression à

la place de l'ombilic, mais j'ai pu m'assurer que la coquille n'est réellement pas ombiliquée.

Rapports et différences. Le seul exemplaire connu n'est pas complet, et la forme de l'ouverture reste inconnue. Cette espèce est très-voisine des *Neritopsis delphinula*, d'Orb. et *Beaumontina*, Buv. (identifiées par Étallon, à tort il me semble); mais elle s'en distingue facilement par sa spire composée de deux tours et demi seulement, dont les premiers sont à peine saillants, et par les côtes beaucoup plus fines et plus rapprochées (en nombre presque triples), qui ornent sa surface.

Localité. Grand Salève, bas de la Grande Gorge, recueillie par M. Mortillet. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 10 *a*. *Neritopsis Mortilleti*, un peu grossi.
Pl. A, fig. 10 *b*. Le même vu du côté de la spire.
Pl. A, fig. 10 *c*. Grandeur naturelle.
Pl. A, fig. 10 d. Grossissement d'une portion du test (le dessinateur a oublié les stries transverses).

GENRE PLEUROTOMARIA, Defrance.

Une seule espèce de pleurotomaire a été rencontrée dans l'oolite corallienne du Salève; je n'en connais qu'un seul exemplaire, c'est un moule intérieur qui indique une coquille conique, allongée, dont la spire croissait sous un angle de 70°. Les tours sont étroits, carrés, disposés en gradins, le dernier est fortement caréné, l'ouverture assez étroite et anguleuse, l'ombilic fermé. Je ne trouve aucune espèce décrite à laquelle ces caractères se rapportent entièrement; la *Pl. Münsteri*, Rœm., s'en rapprocherait par sa forme, mais elle était ombiliquée, son angle est plus ouvert, ses tours de spire carénés au milieu. La *Pl. Echaillonensis*, Cott., a les tours également en gradins, mais un angle spiral beaucoup plus ouvert et une bouche arrondie. Cette espèce est du reste encore trop imparfaitement connue pour

qu'il puisse être de quelque utilité de lui donner un nom, je désire seulement la signaler à l'attention.

PATELLA SALEVENSIS, de Loriol.

Pl. A, fig. 11.

DIMENSIONS :

Diamètre de la partie basilaire	environ	25mm
Hauteur totale		16

Coquille régulièrement conique, élevée. Sommet pointu, droit, probablement central, la surface est entièrement couverte de côtes rayonnantes, bien marquées, coupées par des stries concentriques très-fines, formant un petit treillis fin et parfaitement régulier, interrompu seulement par des lamelles d'accroissement. Cette espèce, dont je ne connais qu'un exemplaire incomplet, présente les caractères d'ornementation des Émarginules, mais on n'aperçoit aucune trace de fissure, et son sommet est trop régulièrement conique pour qu'elle ait pu appartenir à ce genre.

Rapports et différences. Parmi les Patelles jurassiques à surface treillissée, je ne vois guère que la *P. Virdunensis*, Buv., qui puisse être rapprochée de l'espèce du Salève; ses côtes sont beaucoup plus régulières, son sommet est moins régulièrement conique, sa taille est en outre infiniment plus petite. La *P. Mosensis*, Buv., est beaucoup plus déprimée, et son sommet est fortement excentrique et incliné. Je n'ai pu me former une idée exacte de l'*Helcion Rupellensis*, d'Orb., aussi à surface treillissée, mais qui n'est connu que par une phrase trop courte du Prodrome.

Localité. Bas de la Grande Gorge. Très-rare. Collection Renevier.

Explication des figures.

Pl A, fig. 11 *a*. *Patella Salevensis*, de grandeur naturelle, vue de côté.

Pl A, fig. 11 *b*. La même vue du côté de la spire.

Pl A, fig. 11 *c*. Fragment du même individu grossi.

CARDIUM CORALLINUM, Leymerie.

SYNONYMIE.

Cardium alatum, De Luc, in collect.
Pterocardia, sp. nov., Favre, 1843, Considérations sur le mont Salève, p. 23.
Cardium striatum, Voltz (non Sowerby), in collect.
Id. Buvignier, 1843, Mem. Soc. Verdun., t. II, p. 229, pl. 3, fig. 20. [illegible]
Cardium Corallinum, Leymerie, 1845, Statistique de l'Aube, pl. 10, fig. 11.
Cardium Buvignieri, Deshayes, 1850, Traité élém. de Conchyl., t. II, p. 49.
Cardium Corallinum, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 18.
Id. Buvignier, 1852, Stat. Géol. de la Meuse, p. 15, pl. 10, fig. [illegible]
Id. Étallon et Thurmann, 1861, Lethea Bruntrutana, p. 184, pl. [illegible] fig. 7.
Id. Hohenegger, 1861, Geognost. Verh. der N. Carpathen, p. [illegible]

DIMENSIONS :

Largeur	[illegible]
Longueur par rapport à la largeur	[illegible]

Coquille bien plus longue que large, inéquilatérale, ornée de grosses côtes rayonnantes, saillantes, plus larges que leurs intervalles, lesquels sont profondément creusés. Le côté buccal est court et arrondi, la région anale tronquée, sinueuse et amincie à son extrémité, est séparée des flancs par une forte carène oblique, partant du crochet et atteignant le bord palléal; celui-ci est régulièrement arrondi.

Observation. Cette espèce a été trouvée dans l'oolite corallienne du Salève par De Luc; je n'ai pu examiner les individus conservés dans sa collection, mais j'ai sous les yeux un dessin fort exact du plus parfait de ces exemplaires, fait dans le temps par M. Mousson de Zurich et donné par lui à M. Favre. L'identité de l'espèce n'est pas douteuse, De Luc l'avait étiquetée *Cardium alatum;* ce nom, qui aurait la priorité, n'ayant jamais été publié, à ma connaissance du moins, doit disparaître de la nomenclature et être remplacé par celui de *C. Corallinum*, que lui a donné M. Leymerie et qui est généralement admis.

Localité. Grand Salève. Oolite corallienne. Collection De Luc.

CORBIS SALEVENSIS, de Loriol.

Pl. A, fig. 13.

DIMENSIONS :

Longueur	50mm
Largeur par rapport à la longueur	0,84
Longueur du côté anal par rapport à la longueur	0,56
Angle apicial	116°

Coquille ovale, transverse, presque équilatérale, le côté anal un peu plus long, arrondi, rétréci à son extrémité. Côté buccal à peine dilaté et arrondi. Bord cardinal presque régulièrement déclive des deux côtés. Bord palléal très-arrondi et relevé vers l'extrémité anale. Test orné de stries concentriques, rapprochées, régulièrement espacées, avec lesquelles se croisent des stries rayonnantes très-fines, surtout sur les crochets.

Rapports et différences. Cette espèce est très-voisine de la *Corbis decussata*, Buv. ; j'ai même été tenté de les réunir, mais elle m'a paru en différer notablement par sa forme plus régulière, son angle apicial bien moins ouvert, son côté buccal moins dilaté, son bord cardinal plus droit vers la région anale, son bord palléal plus arrondi et plus relevé vers l'extrémité. Elle ressemble aussi beaucoup à la *Corb. subclathrata*, Thurmann, qui a également une forme différente, un angle apicial bien plus ouvert, le côté buccal plus dilaté.

Localité. Grand Salève. Oolite corallienne. Collection De Luc.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 13. *Corbis Salevensis*, de grandeur naturelle, de la collection De Luc.

CARDITA STUDERIANA, de Loriol.

Pl. A, fig. 12.

DIMENSIONS :

Longueur totale	13mm
Largeur par rapport à la longueur	0,79
Epaisseur id.	0,58
Longueur du côte anal par rapport à la longueur	0,88
Angle apicial	120°

Coquille plus longue que large, un peu carrée, très-inéqui-

latérale, le côté buccal très-court, rétréci, un peu acuminé; le côté anal très-long, très-large, dilaté et arrondi à l'extrémité. Bord cardinal droit, bord palléal droit sur une grande partie de sa longueur. La plus grande épaisseur se trouve vers le milieu des flancs, les deux extrémités sont fortement amincies. Crochets courts, peu recourbés, lunule petite et enfoncée. Les ornements consistent en grosses rides d'accroissement, très-écartées, régulièrement espacées, très-marquées, lamelleuses comme celles des Hippopodium. Test très-épais. Bord interne des valves crénelé, au moins du côté anal.

Rapports et différences. Cette espèce est intermédiaire entre les Hippopodium et les véritables Cardites; elle a le test épais, de grosses rides d'accroissement et point de côtes rayonnantes comme les premiers, tandis qu'elle a le bord interne des valves crénelé comme les dernières. A ce point de vue, elle se rapprocherait des *Cardita problematica*, Buv., et *C. Moreana*, Buv., dont elle se distingue d'ailleurs facilement; elle ne paraît pas pouvoir appartenir à aucune des deux espèces du corallien de l'Yonne, indiquées par d'Orbigny dans le Prodrome. L'espèce qui se rapproche le plus de la nôtre est la *C. tetragona*, Étallon. (Leth. Brunt.) de l'Hypovirgulien; je n'ai pas cru toutefois devoir la réunir avec elle; cette dernière est bien plus quadrangulaire, le bord cardinal est moins droit et le bord palléal bien plus exactement parallèle, la région anale est moins dilatée, le côté buccal plus court et non acuminé, les crochets plus saillants, les flancs plus uniformément renflés. Les rides d'accroissement paraissent aussi plus serrées.

Localité. Grand Salève, au bas de la Grande Gorge. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures

Pl. A, fig. 12 *a*. *Cardita Studeriana*, valve inférieure de grandeur naturelle.

Pl. A, fig. 12 *b*. Le même individu, vu sur les crochets.

Pl. A, fig. 12 *c*. Extrémité anale de la valve supérieure montrant les crénelures du bord.

LITHODOMUS LUCI, de Loriol.

Pl. A, fig. 18.

DIMENSIONS :

Longueur.	[illegible]
Largeur par rapport à la longueur	0,47
Épaisseur id.	0,[illegible]

Coquille allongée, rétrécie et arrondie du côté buccal, très-dilatée à l'extrémité anale. Bord palléal régulièrement arrondi. Bord cardinal très-creusé dans la région ligamentaire, puis brusquement et fortement relevé en carène par l'expansion de la région anale. Valves très-renflées et régulièrement bombées, couvertes de plis d'accroissement assez saillants et écartés.

Rapports et différences. Très-voisine du *Mytilus gradatus*, Buv., notre espèce s'en distingue toutefois par son bord cardinal enfoncé, puis brusquement relevé, ses valves plus uniformément bombées, sa région anale plus dilatée, ses plis d'accroissement moins forts et non imbriqués.

Localité. Grand Salève. Collection De Luc.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 18 *b*. *Lithodomus Luci*, vu sur la face cardinale de grandeur naturelle.
Pl. A, fig. 18 *a*. Valve supérieure du même, id.

DICERAS LUCII, Defrance.

Je renvoie pour ce qui tient à cette espèce au mémoire publié par M. Favre (Observations sur les Diceras, in Mém. Soc. phys. Genève, t. X) et aux dessins qu'il a donnés des magnifiques exemplaires de la collection De Luc; d'Orbigny a réuni le *Diceras Lucii* au *Diceras Arietina*, Lk. Ces deux espèces me paraissent bien différentes. C'est aussi l'opinion de M. Pictet (Traité de Pal., 2e éd., t. III, p. 591).

La collection de M. Favre renferme un fragment appartenant très-probablement à un Diceras et paraissant se rapporter à l'espèce figurée sous le nom de *Isocardia dicerata*, d'Orb. père, dans les Mém. du Museum, VIII, pl. 1. Alc. d'Orbigny (Prodrome, t. II, p. 23) rapporte au *Diceras Arietina*, Lk., l'*Isocardia Dicerata*, d'Orb. père, mais le fragment de M. Favre est trop incomplet pour pouvoir être déterminé avec certitude.

DICERAS ESCHERI, de Loriol.

Pl. A, fig. 14, 15, 16, 17.

DIMENSIONS :

Largeur	maximum	163mm
Longueur par rapport à la largeur		0,89
Épaisseur id. de la valve supérieure		0,50

Très-grande espèce, plus large que longue, un peu triangulaire, très-inéquilatérale. Région buccale très-courte, peu épaisse et un peu tronquée à l'extrémité. Région anale renflée et même gibbeuse, régulièrement arrondie à son extrémité et se dilatant en s'approchant du bord palléal, avec lequel elle se confond par une courbe régulière. Crochets proportionnellement très-petits, très-peu renflés, à peine contournés. Le test est composé de trois couches; l'externe est épaisse, feuilletée et couverte de lames concentriques; je ne suis pas certain qu'elle ait été ornée de stries rayonnantes, son adhérence à la gangue étant considerable, elle n'est conservée que par fragments, plusieurs individus n'en présentent nulle trace, elle était probablement accidentée, car la surface de la couche interne, ordinairement à nu, est fortement impressionnée et bosselée. La couche médiane est mince, couverte de très-fines stries concentriques, et compacte de même que la couche interne qui est beaucoup plus épaisse. L'épaisseur de l'ensemble du test atteint au moins 20 millimètres. J'ai pu dégager entièrement la charnière de la valve supérieure. Un sillon profond, qui règne sur toute la longueur du bord cardinal, et une nymphe large et saillante indiquent que le ligament était très-grand et fortement attaché. La charnière proprement dite occupe environ le quart de l'intérieur de la valve dans laquelle elle forme comme une fausse cloison, elle se composait d'une grosse dent médiane simple, accompagnée de deux fossettes peu profondes dont l'anale est beaucoup plus grande, dans lesquelles s'appuyaient les deux dents probables de la valve inférieure. Au delà de la fossette anale, la côte interne est relativement faible, mais elle s'étend presque jusqu'au bord palléal. Il ne m'a pas été possible de dégager la charnière de la valve inférieure; elle se composait suivant toute probabilité de deux dents inégales, la buccale plus petite, séparée par une large fossette qui recevait la dent de la valve supérieure. La valve elle-même a un crochet identique à celui de l'autre, elle est proportionnellement moins épaisse et paraît plus dilatée, ce qui ferait supposer que la coquille était inéquivalve.

Rapports et différences. Par sa grande taille, le peu de différence des valves entre elles et surtout par la forme des crochets très-petits et très-peu enroulés, cette belle espèce se distingue très-facilement des autres, et en particulier de la *Diceras Lucii*, avec laquelle elle se trouve associée. Les caractères de la char-

nière peuvent également servir à les différencier, ainsi que la nature de la couche externe du test.

Localité. Grand Salève. Carrière au-dessus de Monetier, dans le calcaire oolitique corallien crayeux; la seule valve inférieure connue se trouvait dans le calcaire corallien, les valves supérieures ne sont pas très-rares. Collections Favre, musée de Genève.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 14 *a*. Valve supérieure de la collection de M. Favre, dont le crochet est bien dégagé; la couche externe du test a entièrement disparu.

Pl. A, fig. 14 *b*. La même, vue de côté.

Pl. A, fig. 15. Valve supérieure, du musée de Genève, intérieur.

Pl. A, fig. 16. Autre valve supérieure, du musée de Genève; un fragment de la couche externe est conservé.

Pl. A, fig. 17. Valve inférieure, musée de Genève.

Toutes ces figures sont réduites à la moitié de la grandeur naturelle.

AVICULA spec.

M. Renevier a trouvé dans le corallien du Salève une avicule d'assez grande taille, remarquable par l'extrême aplatissement de ses valves, sa forme très-oblique, son aile large, probablement très-prolongée, sa surface lisse avec de simples rides d'accroissement. Je ne puis la rapporter à aucune espèce décrite; le seul individu connu est toutefois trop incomplet pour servir de type à une nouvelle espèce.

TRICHITES SAUSSURI, Deshayes.

SYNONYMIE

Trichites, Lhwyd, 1685.

Trichites, De Luc, 1779, in Voyages dans les Alpes de de Saussure, t. I, p. 192 pl. 2, fig. 5, 6.

Trichites Saussuri, Deshayes, 1836, in Lamark, Animaux sans vert., 2e édition, t. VII, p. 68.

Id. Deshayes, 1836, Traité élém. de Conchyl., pl. 38, fig. 4.

Trichites Saussuri, Pictet, 1855, Traité de Paléontologie, 2e éd., t. III, p. 606, pl. 82, fig. 11.

Id. Étallon et Thurmann, 1862, Lethea Bruntrutana, p. 218, pl. 27, fig. 5.

Je n'ai eu entre les mains aucun exemplaire de cette espèce,

je n'ai pu en particulier examiner celui de la collection De Luc qui a été figuré dans les *Voyages dans les Alpes;* je me contente donc de la citer ici, car il est bien connu qu'elle se trouve dans l'oolite corallienne du Salève. Il paraît qu'elle y est assez rare.

LIMA COMATULA, Buvignier.

Pl. A, fig. 19, 20.

SYNONYMIE.

Lima Comatula, Buv., 1852, Pal. de la Meuse, p. 22, pl. 18, fig. 20—25

DIMENSIONS :

Largeur	[illegible]
Longueur par rapport à la largeur . . .	[illegible]
Épaisseur (des valves réunies) par rapport à la largeur.	[illegible]

Coquille presque aussi longue que large, fortement tronquée et presque droite du côté buccal, très-arrondie du côté anal. Valves assez renflées, surtout dans la région des crochets, excavées du côté buccal, ornées sur toute leur surface de stries rayonnantes, très-nombreuses, très-fines, régulièrement et finement ponctuées jusqu'à une faible distance du bord palléal, onduleuses ou même anguleuses à leur rencontre avec les sillons d'accroissement; les exemplaires bien frais montrent en outre de très-fines stries concentriques. Les intervalles beaucoup plus larges sont aplatis et un peu écailleux près du bord palléal; en approchant des extrémités et surtout sur le côté buccal, ils deviennent saillants, presque imbriqués, et on ne remarque plus de ponctuations. Oreillettes courtes, un peu lamelleuses.

Rapports et différences. L'exemplaire figuré par M. Buvignier a le côté buccal moins droit, plus concave; je pense que c'est une variation accidentelle, l'un des exemplaires du Salève ayant aussi cette forme, quoique moins accentuée. Du reste, tous les autres caractères coïncident parfaitement, et les deux espèces me paraissent identiques. Plusieurs Limes à stries ponctuées en sont très-voisines. La *Lima grandis*, Rœmer, a des stries beaucoup moins nombreuses, moins nettement ponctuées, non sinueuses; elle est en outre moins épaisse, son côté buccal est moins excavé. La *Lima tumida*, Rœmer, en diffère également par les caractères des stries, elle est en outre bien plus épaisse

et renflée. La *Lima comatula* se rapproche enfin beaucoup de la *Lima subcircularis*, Goldf., qui est moins renflée, et dont les stries, s'élargissant vers le bord palléal, sont moins nombreuses et moins sinueuses; les individus de cette espèce cités dans le corallien de Nattheim pourraient bien appartenir à la *Lima comatula*.

Localité. Grand Salève. Assez rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 19. *Lima Comatula*, de grandeur naturelle. Collection Favre.
Pl. A, fig. 20 *a*. Autre individu, vu du côté buccal.
Pl. A, fig. 20 *b*. Fragment grossi.

Lima Salevensis, de Loriol.

Pl. A, fig. 21, 22.

DIMENSIONS :

Largeur	13mm
Longueur par rapport à la largeur	0,84
Épaisseur id.	0,30
Angle apicial sans les oreillettes	94°

Coquille ovale, transverse, épaisse, assez renflée, presque équilatérale, ornée de 32 côtes longitudinales, couvrant toute la surface, plus marquées vers le milieu des valves, assez saillantes, plus étroites que leurs intervalles, coupées de stries concentriques extrêmement fines, visibles seulement avec un fort grossissement. Le côté anal est un peu plus dilaté que le côté buccal, le côté palléal régulièrement arrondi, le bord cardinal droit et allongé, les oreillettes presque égales et costulées comme le reste.

Rapports et différences. Cette espèce appartient par sa forme à un petit groupe dans lequel se rangent la *Lima minutissima*, d'Orb., la *Lima suprajurensis*, Contejean, la *L. semisulcata*, Desh., etc.; elle s'en distingue facilement par sa surface entièrement couverte de côtes nombreuses, tandis que les autres présentent un espace lisse de chaque côté. La *Lima gibbosa*, Desh., a le côté buccal beaucoup plus tronqué. Il ne serait pas impossible que notre espèce se trouvât faire partie du genre Limea, si on venait à en découvrir la charnière.

Localité. Grand Salève. Bas de la Grande Gorge. Collection Favre. Assez rare.

Explication des figures.

Pl. A, fig. 21 *a*. *Lima Salevensis*, un peu grossie.
Pl. A, fig. 21 *b*. Grandeur naturelle
Pl. A, fig. 22. Autre individu, vu de côté

PECTEN SUBSPINOSUS, Schlotheim.

SYNONYMIE.

Pectinites subspinosus, Schlotheim, 1821, Petrefacten-Kunde, p. 223
Pecten subspinosus, Goldfuss, 1832—40, Petref. Germ., t. II, p. 4[illegible], pl. [illegible]
Id. Quenstedt, 1852, Handbuch der Petref., p. 507, pl. 40, fig. [illegible]
Id. d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. I, p. 375.
Id. Quenstedt, 1858, (pars), der Jura, p. 754, pl. 92, fig. [illegible]
Id. Étallon, 1860, Corallien du Haut-Jura, p. 133.
Id. Étallon et Thurmann, 1862, Lethea Bruntrutana, p. 27[illegible], pl. [illegible], fig. 4

DIMENSIONS

Largeur [illegible]
Longueur par rapport à la largeur [illegible]
Épaisseur id.
Angle apical [illegible]

Coquille circulaire, presque aussi longue que large, assez renflée, ornée de 12 côtes rayonnantes, saillantes, un peu anguleuses, plus étroites que leurs intervalles, couvertes à l'état frais de petits tubercules espacés et de stries concentriques très-fines s'étendant sur toute la surface, mais dont il ne reste que des traces dans les exemplaires du Salève. Crochets renflés et recourbés. Oreillettes pas très-grandes, la buccale de la valve inférieure est très-échancrée.

Rapports et différences. Cette espèce me paraît parfaitement identique à celle qui est représentée par Goldfuss et reproduite dans la Lethea Bruntrutana. M. Quenstedt a probablement confondu deux espèces; d'Orbigny ne mentionne le *P. subspinosus* que dans l'oxfordien, cependant les auteurs allemands sont d'accord pour le signaler dans le corallien de Nattheim.

Localité. Grand Salève. Au bas de la Grande Gorge. Collections Favre, Renevier.

PECTEN GLOBOSUS, Quenstedt.

Pl. B, fig. 3.

SYNONYMIE

Pecten globosus, Quenstedt, 1844, Floz Wurt., p. 176.
Id. Quenstedt, 1852, Handbuch der Petrefacten, p. 507, pl. 40, fig. 45, 46.
Id. Quenstedt, 1858, der Jura, p. 755, pl. 92, fig. 20.
Id. Étallon, 1860, Corallien du Haut-Jura, p. 134
Id. Étallon et Thurmann, 1861, Lethea Bruntrutana, p. 250, pl. 35, fig. 1.
Id. Hohenegger, 1861, die Geognost. Verh. in N. Carpathen, p. 20.

DIMENSIONS.

Largeur	23mm
Longueur par rapport à la largeur	0,95
Épaisseur (d'une valve) par rapport à la largeur	0,39
Angle apicial sans les oreillettes	86°

Coquille circulaire, très-renflée, équivalve, équilatérale, ornée de 32 côtes rayonnantes, égales, aplaties, un peu plus larges que les intervalles. Crochets renflés et très-recourbés. Oreillettes petites et paraissant subégales. Bord cardinal finement dentelé sur la facette ligamentaire. Valves également épaisses.

Observation. Parmi les individus assez nombreux de cette espèce que j'ai à ma disposition, il n'en est aucun qui soit assez bien conservé pour qu'il soit possible d'apercevoir des stries ou des dentelures sur les côtes, la première couche du test a été partout enlevée. D'après un petit fragment de test intact sur un morceau que je rapporte au même peigne, les côtes paraissent un peu aiguës et dentées en scie. Le bord cardinal est dentelé intérieurement, je n'ai pu le dégager assez pour voir la grosse dent dont parle Quenstedt.

Rapports et différences. Cette espèce est évidemment voisine du *Pecten cardinatus*, Quenstedt, dont les côtes sont plus larges. et du *P. erinaceus*, Buv., plus grand et moins renflé. Le *P. Moranus*, Buv., que Étallon a identifié avec le *P. globosus*, me paraît encore plus renflé, et ses oreillettes sont plus inégales. Il faudrait des exemplaires mieux conservés pour pouvoir pousser plus loin ces comparaisons.

Localité. Bas de la Grande Gorge. Assez commun. Collection Favre, collection Renevier, musée de Genève.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 3. *Pecten globosus*, de grandeur naturelle.

PECTEN ROCHATI, de Loriol.

Pl. B, fig. 1 et 2.

DIMENSIONS :

Longueur	41
Largeur par rapport à la longueur	100
Épaisseur, id. (des deux valves)	0[illegible]
Angle apicial sans les oreillettes	85°

Coquille circulaire, équilatérale, assez épaisse, très-excavée de chaque côté des crochets, mais un peu plus fortement du côté buccal, couverte de 37 côtes rayonnantes égales, arrondies, finement lamelleuses, les lamelles légèrement imbriquées. La partie excavée buccale présente une surface lisse qui n'existe pas dans la région anale. Valves presque également bombées, la supérieure paraît cependant un peu plus plate. Crochets assez renflés et fortement recourbés. Oreillettes imparfaitement connues, probablement subégales et assez grandes.

Rapports et différences. Parmi les nombreuses espèces du genre Pecten connues dans le terrain jurassique, je n'en trouve aucune à laquelle je puisse rapporter celle-ci; elle se distingue facilement des espèces équilatérales et renflées, telles que les *P. globosus*, Quens., et *erinaceus*, Buv., par ses côtés fortement excavés, son angle apicial aigu et ses côtes simplement couvertes d'écailles imbriquées, rappelant celles du *P. dentatus*, Sow.

Localité. Grand Salève. Carrière de Monetier. Collection Renevier, collection Rochat.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 1 *a*. *Pecten Rochati*, valve supérieure.

Pl. B, fig. 1 *b*. La même, vue du côté buccal.

Pl. B, fig. 2. Valve inférieure de la même espèce.

Les figures sont de grandeur naturelle.

Outre les Pecten de l'étage corallien du Salève décrits ci-dessus, je connais encore au moins quatre espèces qui n'ont pu être décrites et figurées faute de matériaux suffisants.

1° Une valve inférieure, probablement lisse, dont le test est inconnu (collection Favre).

2° Un exemplaire de grande taille du calcaire corallien du Pas-de-l'Échelle, avec de grandes oreillettes et 20 à 30 côtes épaisses, dont les ornements sont inconnus. C'est probablement le *Pect. articulatus*, Schl., du corallien de Nattheim, indiqué dans l'étage bajocien par d'Orbigny, je ne sais pour quelle raison; mais la détermination ne peut être certaine (collection Favre).

3° Espèce d'assez grande taille, avec environ 20 côtes minces, élevées, séparées par des intervalles larges et aplatis; je la regarde comme non décrite; mais dans un genre aussi difficile que celui des Peignes, je ne puis établir une espèce nouvelle avec les seuls exemplaires incomplets que je connais (collections Favre et Renevier).

4° Une empreinte remarquable de l'intérieur d'une valve, avec 10 grosses côtes arrondies et saillantes aussi larges que leurs intervalles et plusieurs autres côtes plus petites, régulières, égales, croisées par de fines stries concentriques. Ce peigne est voisin du *Pect. subfibrosus*, d'Orb.; il en diffère par ses nombreuses petites côtes rayonnantes, très-distinctes et assez saillantes; il ne me paraît décrit nulle part, mais de nouveaux documents sont nécessaires avant de l'établir définitivement comme espèce nouvelle (collection Favre).

PLACUNOPSIS PICTETIANUS, de Loriol.

Pl. B, fig. 4 et 5.

DIMENSIONS :

Longueur	environ	25mm
Largeur par rapport à la longueur		0,72
Épaisseur des valves réunies par rapport à la longueur		0,52

Coquille suborbiculaire, assez régulière, inéquivalve. Grande valve épaisse, assez bombée, couverte de côtes plates, fines, divisées par un sillon médian, séparées par des intervalles moins larges qu'elles, un peu dichotomes vers le bord palléal, très-nombreuses. Crochet gros, recourbé. Petite valve plate à crochet petit et brusquement relevé, ornée de côtes bien marquées, arrondies, lisses, devenant toujours plus nombreuses à partir du crochet et en approchant du bord palléal par suite de la

naissance successive de côtes intermédiaires dans les intervalles. Test extrêmement mince. MM. Morris et Lycett affirment que la petite valve est souvent fixée; je n'ai pu le vérifier sur les individus du Salève.

Rapports et différences. Cette espèce est bien distincte de celles de la grande oolite d'Angleterre, elle l'est également du *Placunopsis Jurensis*, Rœmer, par ses côtes beaucoup plus fortes et moins nombreuses. La nature de ses ornements et la forme du crochet l'éloignent du *Pl. regularis*, Étallon, du corallien de Valfin, qui n'a pas été figuré.

Localité. Grand Salève. Bas de la Grande Gorge. Étage corallien. Assez rare. Collections Favre, Renevier.

Explication des figures

Pl. B, fig. 4. *Placunopsis Pictetianus*, de grandeur naturelle, grande valve.
Pl. B, fig. 5. Le même, petite valve.

Genre OSTREA, Linné.

Deux espèces d'Ostrea ont été rencontrées dans l'oolite corallienne du Salève, l'une n'est représentée que par un seul exemplaire incomplet. La coquille assez grande et large porte de grosses côtes irrégulières avec des plis d'accroissement assez forts. Elle ressemble à l'*Ostrea Solitaria* Sow. (*O. pulligera* Gold.), mais je ne saurais déterminer plus exactement cet individu unique et imparfait.

Une autre espèce est indiquée par un moule intérieur, portant de grosses côtes du côté externe et des plis très-fins et réguliers dans la partie interne, la coquille était étroite et allongée. Il ne m'est également pas possible de le déterminer avec certitude.

TEREBRATULA MORAVICA, Glocker.

Pl. B, fig. 6.

SYNONYMIE.

Terebratula longirostris, subspecies Moravica, Glocker, 1845, Act. Acad. Cæs. Leop. Car., vol. XXI, p. 197, pl. 35, fig. 1—8.

Terebratula Repeliniana, d'Orb., 1850, Prodrome, t. 2, p. 25.

Id. Gray et Woodward, 1853, Catal. des Brachiopodes du British Museum, p. 30.

Terebratula Noszkowskiana, Zeuschner, 1857, Paleont. Beitrage, etc., in Abhandlungen der k. bohm. Gesellsch. der Wiss., p. 14, pl. 4, fig. 1*d*—7*d*.

Terebratula Moravica, Suess, 1858, in v. Hauer, Beitrage zur Paleont. von Oesterreich, t. I, p. 29, pl. 2, fig. 4—6.

Id. Hohenegger, 1861, Geognost. Verh. in N. Carpathen, p. 20.

Id. Étallon et Thurmann, 1862, Lethea Bruntrutana, p. 286, pl. 41, fig. 8

Terebratula Repeliniana, Coquand, 1862, Paleont. de la province de Constantine, p. 279

DIMENSIONS

Longueur.	maximum 26mm
Largeur par rapport à la longueur	0,74 à 0,76
Épaisseur id.	0,38
Angle apicial	67°

Coquille très-allongée, ovale, un peu pentagonale, peu épaisse. Grande valve beaucoup plus bombée que l'autre, renflée surtout au milieu, entièrement lisse, marquée seulement de plis concentriques d'accroissement assez prononcés près du bord. La petite valve, également dépourvue d'ornements, est très-aplatie dans tous les exemplaires. Crochet très-long, très-droit, sans carènes latérales. Deltidium d'une seule pièce, long, triangulaire, très-développé, fortement strié en travers, marqué de deux faibles dépressions longitudinales. Foramen mal conservé, les figures le représentent assez largement ouvert. Commissure latérale des valves droite. Bord frontal droit, quelquefois légèrement infléchi au milieu.

Rapports et différences. Cette espèce très-caractéristique ne peut être confondue avec aucune autre. Je ne connais du Salève que des individus de petite taille, à petite valve très-aplatie, ressemblant entièrement aux figures de M. Suess. L'espèce atteint une longueur de 72 millimètres. C'est d'après l'autorité de M.

Suess, que je lui rapporte la *T. Repeliniana*, d'Orb. Ce rapprochement me paraît certain. Elle se retrouve sur un grand nombre de points.

Localité. Grand Salève. Bas de la Grande Gorge. Assez rare. Collections Favre et Renevier.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 6 *a, b, c. Ter. Moravica*, de grandeur naturelle

TEREBRATULA BIESKIDENSIS, Zeuschner.

Pl. B, fig. 7.

SYNONYMIE.

Terebratula Bieskidensis, Zeuschner, 1857, Paleontol. Beitrage in Abh. der k. k. [illegible] schen Gesellsch. der Wiss., 5te Folge, vol. X, p. 44, pl. [illegible] fig. 1 *c*, 4 *c*.

Id. Suess, 1858, in v. Hauer, Beitrage zur Pal. v. Oesterr. t. I, p. 30, pl. 2, fig. 9—11, pl. 3, fig. 1.

Id. Thurmann et Étallon, 1862, Lethea Bruntrutana, p. [illegible] pl. 41, fig. 2.

Id. Oester, 1863, Brachiopodes des Alpes suisses, p. 15 [illegible] fig. 10—13, pl. 4, fig. 1—6.

DIMENSIONS.

Longueur	[illegible]
Largeur par rapport à la longueur	[illegible]
Épaisseur id.	[illegible]
Angle apical	7[illegible]

Coquille un peu pentagonale, allongée, peu épaisse. Grande valve plus bombée que l'autre, surtout dans la partie médiane longitudinale qui est particulièrement renflée. Quelques individus présentent un léger sinus vers le bord palléal. Crochet assez brusquement et fortement recourbé. Foramen bien ouvert. Deltidium large et très-court. Petite valve, généralement peu bombée, sans plis appréciables. Commissure latérale des valves droite. Bord frontal ordinairement droit, quelquefois un peu sinueux. Valves lisses, présentant seulement quelques sillons d'accroissement. Croissance irrégulière. Valves toujours déjetées d'un côté ou de l'autre.

Rapports et différences. La *Ter. Parandieri* est certainement

très-voisine de l'espèce du Salève, et quelques-uns de nos individus pourraient même lui être rapportés, mais je ne puis m'empêcher de croire qu'elle doit être réunie à la *T. Bieskidensis*; cette dernière paraît en effet varier extraordinairement, à en juger par les nombreux individus figurés par MM. Suess et Ooster et dans la Lethea Bruntrutana; les 6 ou 7 exemplaires du Salève que j'ai sous les yeux varient égalemeut beaucoup; les uns ont la grande valve comme carénée au milieu et très-renflée, chez d'autres elle est régulièrement arrondie. Tous ont les caractères principaux de la *T. Bieskidensis*, entre autres celui, assez singulier, d'une croissance toujours irrégulière.

Localité. Grand Salève. Bas de la Grande Gorge. Assez rare. Collections Favre, Renevier.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 7 *a, b, c. Terebratula Bieskidensis*, de grandeur naturelle.

TEREBRATULA FORMOSA, Suess.

Pl. B, fig. 8.

SYNONYMIE.

Terebratula formosa, Suess. 1858, Beitr. zur Pal. v. Oesterreich., 1 vol., p. 27, pl. 1, fig. 10—13.

DIMENSIONS.

Longueur	36mm
Largeur par rapport à la longueur	100
Épaisseur id.	0,61
Angle apical	97°

Coquille aussi large que longue, peu épaisse. Grande valve un peu moins bombée que l'autre, pourvue dans la région palléale d'un profond sinus qui relève fortement le milieu du bord frontal. Crochet court, peu recourbé, avec deux petites carènes latérales. Foramen médiocrement ouvert. Deltidium large. Petite valve assez bombée, portant un gros pli central correspondant au sinus de l'autre valve, accompagné de deux fortes dépressions latérales. Commissures latérales des valves fortement infléchies. Bord frontal très-sinueux, vigoureusement relevé au milieu. Les deux valves sont entièrement lisses et ne présentent

que quelques faibles sillons d'accroissement dans la région palléale.

Rapports et différences. Cette espèce, comme l'indique M. Suess, rappelle assez certaines formes de la *T. depressa*, Lk.; elle s'en distingue par son bord frontal beaucoup plus sinueux, son foramen plus petit, son crochet moins caréné. Il me paraît très-probable que la *T. formosa* n'est autre que la *T. equestris*, d'Orb. (Prodrome, t. II, p. 24), qui présente également un sinus à la grande valve, lequel, en se prolongeant, relève énergiquement le milieu de la petite valve. Toutefois, comme je ne connais cette espèce que par la courte diagnose du Prodrome, je n'insiste pas sur ce rapprochement qui ne paraît pas avoir frappé M. Suess. Assez répandue dans les couches coralliennes de l'Autriche, cette belle Térébratule n'a pas encore été signalée ailleurs, du moins à ma connaissance. M. Ooster (Brach. foss. des Alpes suisses, p. 16) en rapproche avec doute quelques variétés de la *T. Bieskidensis*, Zeuschner; celles qu'il a figurées me paraissent distinctes.

Localité. Grand Salève. Bas de la Grande Gorge. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 8 *a, b, c. T. formosa*, de grandeur naturelle.

TEREBRATULA INSIGNIS, Schübler.

SYNONYMIE.

Terebratula insignis,	Schübler, 1832, in Zieten, Petref. Wurt., p. 53, pl. 40, fig. [illegible]
Id.	d'Orb., 1850, Prodrome, t. I, p. 376, et t. II, p. 24.
Id.	Davidson, 1851, Brit. fool. Brach. in Mem. Pal. Soc., 1851; pl. 13, fig. 1.
Id.	Quenstedt, 1852, Handbuch, p. 472, pl. 38, fig. 1
Id.	Woodward, 1853, Catal. des Brach. du British Museum [illegible]
Id.	Quenstedt, 1858, Jura, p. 748, pl. 752, fig. 15
Id.	Étallon et Thurmann, 1862, Lethæa Bruntrutana, p. 287; [illegible] fig. 9

DIMENSIONS.

Les individus du Salève ne sont pas très-bien conservés et en petit nombre; je puis donc donner ici des dimensions moyennes. Voici celles du meilleur exemplaire:

Longueur	[illegible]
Largeur par rapport à la longueur	[illegible]
Angle apical	[illegible]

Coquille ovale, allongée, peu épaisse. Grande valve régulièrement bombée, sans plis appréciables. Crochet assez long, peu recourbé. Foramen mal conservé. Deltidium assez haut. Petite valve un peu plus bombée que l'autre, présentant un léger pli médian et deux faibles dépressions latérales. Commissure latérale des valves presque droite. Bord frontal à peine sinueux. Quelques exemplaires présentent des traces de stries rayonnantes.

Rapports et différences. Cette espèce est rare au Salève, je n'en connais que quelques individus plus ou moins incomplets et déformés; ils me paraissent toutefois appartenir certainement à la *T. insignis*, et la présence de traces de stries rayonnantes les ferait rattacher à la variété *substriata*, Quenstedt. Faut-il voir là peut-être une espèce distincte? C'est ce que je ne puis discuter. L'espèce la plus voisine est la *T. Tichaviensis* (*T. insignis*, var. *Tichaviensis*, Glocker), que M. Ooster croit avoir retrouvée dans les Alpes suisses (Brach. des Alpes, p. 17), et qui s'en distingue par sa forme plus large dans la région palléale, mais surtout par son crochet plus recourbé et son deltidium bien plus large et beaucoup moins haut. La *T. insignis* est bien clairement distincte de la *T. perovalis*, Sow.

Localité. Grand Salève. Pas-de-l'Échelle. Bas de la Grande Gorge. Assez rare. Collections Renevier, Favre, musée de Genève.

RHYNCHONELLA ASTIERIANA, d'Orbigny.

Pl. E, fig. 9 et 10.

SYNONYMIE.

Terebratula inconstans-speciosa, Munster, Beitrage, I, p. 103, pl. 13, fig. 6.
Rhynchonella Astieriana, d'Orb., 1847, Pal. fr. Terr. cret., t. IV, p. 14, pl. 492, fig. 1—4.
Id. d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 24.
Rhynchonella subdepressa, Zeuschner, 1857, Abhandlungen der k. bohmischen Gesellschaft der Wiss., 5te Folge, 10ter Band, p. 37 du memoire, pl. 1, fig. 1 *a*—9 *a*.
Terebratula inconstans, Quenstedt, 1858, der Jura, p. 741, pl. 90, fig. 37—40.
Rhynchonella Astieriana, Suess, 1859, in v. Hauer, Beitrage zur Paleont. von Oesterreich, 1 vol., p. 52, pl. 6, fig. 2, 3.
Id. Hohenegger, 1861, Geogn. Verh. der N. Carpathen, p. 20.

DIMENSIONS

Longueur	[illegible]
Largeur par rapport à la longueur	de 0.77 à 1.00
Epaisseur id	de 0.41 à [illegible]
Angle apical	de 61° à [illegible]

Coquille de forme variable, tantôt allongée et étroite, tantôt aussi large que longue, tantôt aplatie, tantôt épaisse. Grande valve plutôt moins bombée que l'autre, sans sinus appréciable. Crochet droit, caréné, plus ou moins allongé. Foramen assez ouvert. Deltidium grand, un peu renflé. Petite valve régulièrement bombée. Commissures latérales des valves droites. Bord frontal droit, quelquefois anguleux, mais d'un seul côté. Les deux valves sont couvertes de 25 à 30 côtes aiguës, nombreuses, simples, régulières, coupées par des sillons d'accroissement prononcés vers le bord palléal. Les variations sont nombreuses, car avec les exemplaires du Salève, que j'ai sous les yeux, on pourrait établir cinq variétés différentes.

Rapports et différences. C'est sur l'autorité de M. Suess que je rapporte à la *Rh. Astieriana*, d'Orb., la *Rh. subdepressa*, Zeuschner, et la *Terebr. inconstans-acuta*, Quenstedt, qui sont identiques avec l'espèce du Salève, dont je ne connais du reste que des individus si peu nombreux, que je ne puis avec leur aide me livrer à aucune discussion sur ce sujet, et que j'admets sans réserve l'opinion sûrement bien fondée de M. Suess. Un seul des exemplaires du Salève est vraiment typique, les autres appartiennent à une variété qui en a été séparée sous les deux noms que je viens d'indiquer. J'ai quelques doutes au sujet de la forme remarquablement allongée (fig. 10), dont le crochet est plus droit, moins caréné, les côtes fines et un peu plus nombreuses, le bord frontal très-droit; il me semble toutefois qu'on peut la rattacher aux autres individus, et dans tous les cas il me serait impossible avec ce seul exemplaire d'établir une nouvelle espèce.

Localité. Grand Salève. Bas de la Grande Gorge. Rare. Collections Favre, Renevier.

Explication des figures

Pl. B, fig. 9 *a, b, c*. *Rhynchonella Astieriana*, variété, de grandeur naturelle.
Pl. B, fig. 10 *a, b, c*. Autre variété de la même espèce.

RHYNCHONELLA LACUNOSA, (Schlotheim) d'Orbigny.

Pl. B, fig. 11.

SYNONYMIE.

Terebratulites lacunosus, Schlotheim, 1813, in Leonhards Taschenbuch, VII, 1; pl. 1, fig. 2.
Terebratulites subsimilis, Schlotheim, 1820, die Petrefactenkunde, p. 261.
Rhynchonella lacunosa, d'Orb., 1850, Prodrome, vol. I, p. 375.
Id. Suess, 1859, in v. Hauer, Beitrage zur Pal. von Oesterreich, vol. I, p. 53, pl. 6, fig. 5—7.
Id. Hohenegger, 1861, Geognost. Verh. der N. Carpathen, p. 20.
Id. Ooster, 1863, Brachiopodes des Alpes, p. 51, pl. 17, fig. 7—12.
(Voir la synonymie complète dans le memoire précité de M. Suess.)

DIMENSIONS :

Longueur	20mm
Largeur	21
Epaisseur	14
Angle apicial	101°

Coquille triangulaire, assez déprimée. Grande valve portant un sinus assez marqué et très-large au milieu, comprenant trois côtes longitudinales, saillantes et aiguës; on remarque en outre quatre autres côtes semblables, mais moins fortes de chaque côté du sinus. Crochet très-court, deltidium et foramen mal conservés. Petite valve relevée au milieu par un gros pli portant quatre côtes saillantes, de chaque côté se trouvent trois autres côtes plus fortes et plus écartées. Commissure latérale des valves et bord frontal sinueux. Je ne connais qu'un seul exemplaire de cette espèce, trouvé dans l'oolite corallienne du Salève par M. le professeur Favre; il me paraît appartenir à la *Rh. subsimilis*, Schl., réunie par M. Suess à la *Rh. lacunosa* du même auteur, espèce très-polymorphe.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 11 *a, b, c. Rhynchonella lacunosa*, de grandeur naturelle.

PYGURUS BLUMENBACHII, (Koch et Dunker) Agassiz.

SYNONYMIE.

Echinolampas Blumenbachii, 1837, Koch et Dunker, Nord. Ool., p. 37, pl. 4, fig. .
Clypeus acutus, Ag., 1839, Échinod. suisses, t. I, p. 38, pl. 10, fig. 1.
Pygurus Blumenbachii, Ag., 1847, Catal. raisonné, p. 104.
Id. d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. II, p. 26.
Id. Cotteau, 1855, Échinides fossiles de l'Yonne, t. I, p. pl. 35 et 36.
Id. Desor, 1858, Synopsis des Échin. foss., p. 313.
Id. Étallon, 1862, Lethea Bruntrutana, p. 295, pl. 13, fig. 1

Je ne connais qu'un seul exemplaire très-incomplet de cette espèce, trouvé au mont Salève; il présente toutefois des caractères suffisants pour pouvoir être rapporté au *Pygurus Blumenbachii*, avec une certitude presque complète. Le sommet ambulacraire est excentrique en avant, les ambulacres postérieurs seuls intacts, assez rapidement élargis et aigus à leur extrémité, sont distinctement séparés à leur sommet, les aires interambulacraires arrivant jusqu'à l'appareil apicial. L'aire interambulacraire impaire est fortement renflée au milieu, et on reconnaît parfaitement que les deux ambulacres pairs postérieurs étaient logés dans une dépression assez sensible.

Rapports et différences. C'est du *Pygurus Montmollini*, du néocomien moyen, que cette espèce se rapproche le plus; elle est toutefois facile à en distinguer par ses ambulacres non confluents à leur sommet et moins éffilés. Les *Pygurus Hausmanni* et *Icaunensis* ont leur sommet central. J'ai comparé minutieusement le fragment de *Pygurus* qui m'occupe, avec de très-bons exemplaires du *P. Blumenbachi* des environs de Tonnerre; il m'est impossible de saisir la plus petite différence. Les ambulacres dans la figure donnée par M. Cotteau, me paraissent un peu trop régulièrement pétaloïdes; ils s'élargissent en réalité plus rapidement.

Localité. Monetier. Chemin des Treize-Arbres. Oolite corallienne. Collection Favre.

DESORELLA ICAUNENSIS, Cotteau.

Pl. B, fig. 13.

SYNONYMIE.

Desorella Icaunensis, Cotteau, 1855, Échinides fossiles de l'Yonne, t. I, p. 224, pl. 33, fig. 1—8.
Desorella Icaunensis, Cotteau, 1855, Bull. Soc. Geol., France, t. XII.
Nucleopygus Icaunensis, Desor, 1858, Synopsis des Échinides fossiles, p. 189, pl. 26, fig. 4—7.
Id. Hohenegger, 1861, Geognost. Verh. der N. Carpathen, p. 20.
Desorella Icaunensis, Cotteau, 1862, Échinides nouveaux ou peu connus, in Revue et et Mag. de Zoologie, mai 1862, p. 67.
Nucleopygus Icaunensis, Dujardin et Hupé, 1862, Hist. nat. des Échinodermes, p. 551.

DIMENSIONS :

Longueur	19mm
Largeur, par rapport à la longueur	0,84
Hauteur id.	0,42

Petite espèce aplatie, oblongue, arrondie en avant et légèrement tronquée en arrière. Face supérieure assez régulièrement convexe en avant, un peu déclive en arrière. Face inférieure déprimée au milieu et pulvinée sur les bords. Sommet ambulacraire un peu excentrique en avant. Ambulacres droits paraissant légèrement renflés. Péristome entaillé, central, placé dans une dépression assez sensible. Périprocte allongé; son sommet est acuminé et très-rapproché de l'appareil apicial.

Rapports et différences. Je ne connais qu'un seul exemplaire de cette espèce, c'est un moule intérieur; il n'est donc pas possible d'observer les détails du test et la structure de l'appareil apicial; il est toutefois assez bien conservé pour permettre une détermination exacte. Cette espèce me paraît parfaitement identique à la *Desorella Icaunensis;* la face inférieure est seulement un peu plus concave qu'elle n'est représentée dans la figure de M. Cotteau, il est possible qu'elle le soit moins dans les exemplaires qui ont conservé leur test. La *Desorella Guerangeri*, Cotteau, de l'étage bathonien, est plus allongée et plus renflée, en outre son appareil apicial paraît différent. La *Desorella Jurensis*, Étallon, du corallien de Valfin, dont je ne connais que la description, est certainement une autre espèce que celle qui m'oc-

cupe, car elle a les ambulacres postérieurs flexueux, et le périprocte est indiqué comme étant plus large que celui de la *Desorella Icaunensis*.

Localité. Grand Salève. Carrières de Monetier. Oolite corallienne. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 13 *a, b, c*. *Desorella Icaunensis*, de grandeur naturelle.

CIDARIS CARINIFERA, Agassiz.

Pl. B, fig. 12.

SYNONYMIE.

Cidaris carinifera, Agassiz, 1847, Catalogue raisonné, p. 40.
Id. Desor, 1858, Synopsis des Echinides fossiles, p. 28, pl. 4, fig. 1.

Radiole allongé, ovoïde ou pyriforme, de grande taille, orné de fortes carènes longitudinales simples, inégales et irrégulièrement espacées. Toute la surface est couverte de stries transversales, très-fines, rapprochées, légèrement ondulées, ne paraissant aucunement granulées. Les carènes disparaissent aux approches de la collerette qui était simplement striée en travers, je ne la connais point entière, non plus que le bouton.

Il n'a encore été trouvé à ma connaissance que deux exemplaires de ce remarquable radiole, l'un fait partie de la collection De Luc; c'est celui qui a servi de type à M. Agassiz, il est très-imparfait, sa largeur extrême est de 24 millimètres. Un second exemplaire a été trouvé par M. Renevier dans l'oolite corallienne du Salève, c'est celui qui se trouve décrit ici, il lui manque une partie de la collerette et le bouton, sa forme est moins ovoïde, sa longueur est de 41 millimètres et sa largeur extrême de 19 millimètres. Cette espèce est trop caractéristique pour pouvoir être confondue avec aucune autre.

Localité. Le gisement de l'exemplaire de la collection De Luc était inconnu. M. Renevier a trouvé le sien dans l'oolite corallienne au pied de la Grande Gorge.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 12 *a*. Radiole du *Cid. carinifera*, de grandeur naturelle, de la collection M. Renevier.

Pl. B, fig. 12 *b*. Fragment du même, grossi.

MILLERICRINUS spec.

On trouve assez abondamment dans l'oolite corallienne du Salève des articles isolés de la tige d'un *Millericrinus*, qu'il est très-difficile de déterminer sans de nouveaux documents. La dimension de ces articles varie depuis 3 à 7 millimètres de diamètre, leur surface articulaire est ronde, couverte de sillons atteignant le centre, relativement peu nombreux, inégaux, la plupart bifurqués près du bord. Le canal intérieur est étroit, la surface extérieure lisse. Il est très-possible que cette espèce soit nouvelle; en effet, je ne trouve pas d'articles de *Millericrinus* connus, qui puissent se rapporter exactement à ceux du Salève. La présence de très-petits articles, placés probablement au sommet, ne permet pas d'associer cette espèce au *Millericrinus gracilis*, d'Orb., dont la tige est pentagone au sommet et dont les articles sont couverts de rayons bifurqués de même près du bord, mais paraissant beaucoup plus nombreux. Parmi les autres espèces coralliennes, les unes ont leurs articles rayonnés seulement près du bord, d'autres ont ces mêmes rayons simples et beaucoup plus nombreux. L'espèce qui se rapproche le plus de la nôtre est le *Millericrinus incrassatus*, d'Orb. (*Apiocrinites incrassatus*, Rœmer, pl. I, fig. 2, oolite), seulement Rœmer n'indique ni dans sa figure, ni dans sa description que les rayons fussent bifurqués près du bord. Toutefois les deux espèces ont la plus grande analogie.

GENRE CALAMOPHYLLIA, Blainville.

Polypier fasciculé. Polypiérites très-longs, dichotomes, devenant libres de bonne heure. Côtes bien développées formant d'espace en espace des collerettes plus ou moins saillantes. Cloisons nombreuses et dentées. Traverses obliques et très-développées. Multiplication par fissiparité.

CALAMOPHYLLIA STOCKESI, Edwards et Haime.

Pl. B, fig. 16.

SYNONYMIE.

Calamophyllia Stockesi, Edw. et Haime, 1850, British foss. Corals, p. 80, pl. 16, [illegible]
Id. Edw. et Haime, 1857, Hist. nat. des Coralliaires, t. II, p. [illegible]
Id. E. de Fromentel, 1858—61, Introd. à l'étude des Polypiers fossiles, p. 136

Polypier fasciculé. Polypiérites très-longs, subcylindriques ou plutôt subprismatiques, libres dans une très-grande étendue, se bifurquant sous un angle très-aigu, les branches sont resserrées, et l'ensemble formait un buisson touffu. Les côtes sont égales, fines, mais bien prononcées, formant des collerettes saillantes d'espace en espace, qui paraissent être, comme l'exprime M. Milne Edwards, les bords inférieurs de lames invaginées. Les exemplaires du Salève sont rompus à l'extrémité, l'intérieur des polypiérites étant cristallisé, la tranche ne laisse apercevoir aucune trace des cloisons, M. Milne Edwards en indique 70, elles sont minces, serrées et dentées. Les calices ont environ 10 millimètres de largeur, ils sont de forme irrégulière et peu profonds. Columelle rudimentaire ou nulle.

Localité. Un bel exemplaire de ce polypier a été trouvé dans l'oolite corallienne au-dessous de la Grande Gorge par M. E. Renevier. M. Rochat en a également recueilli des fragments dans la même localité.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 16. *Calamophyllia Stockesi*, exemplaire réduit de moitié (collection Renevier).

GENRE RHABDOPHYLLIA, Edw. et Haime.

Polypier dendroïde. Polypiérites libres dans une très-grande étendue et couverts de côtes granuleuses qui ne forment pas de collerettes. Cloisons dentées. Point de palis. Columelle spongieuse. Multiplication par fissiparité.

Une espèce appartenant probablement à ce genre a été trouvée dans le corallien du Salève, mais aucun exemplaire suffisamment complet n'a encore été rencontré. Sa détermination ne peut donc être qu'incertaine. Les polypiérites paraissent dès la base se dichotomiser très-rapidement et former un ensemble touffu; ils sont ronds ou ovales et couverts de côtes très-fines et égales. Leur surface présente un grand nombre d'étranglements suivis de bourrelets, ce qui leur donne une apparence très-noueuse. Calices et cloisons inconnues. L'espèce la plus voisine serait la *Rabdophyllia Valfinensis*, E. de From.

Localité. Oolite corallienne au bas de la Grande Gorge. Pas très-rare. Collection Renevier.

Genre GONIOCORA, Edw. et Haime.

Polypier dendroïde. Polypiérites cylindriques se multipliant par bourgeonnement. Calices circulaires. Cloisons dentées et peu nombreuses. Columelle petite ou rudimentaire, point de palis.

Je n'ai qu'une espèce de ce genre à citer, mais le mauvais état du seul exemplaire que j'ai sous les yeux ne m'a pas permis de le déterminer exactement. On ne peut distinguer que la partie supérieure du polypier, très-empâtée dans la roche; les polypiérites sont serrés les uns contre les autres, les calices sont circulaires, leur diamètre est de 5 millimètres, et ils paraissent avoir 24 cloisons. Il est probable que cette espèce est nouvelle, elle se rapprocherait de la *Goniocora socialis*, Edw. et H., mais les polypiérites sont beaucoup plus serrés et forment un ensemble bien plus touffu, les calices sont aussi plus larges.

Localité. Oolite corallienne en haut du Pas-de-l'Échelle. Collection Favre.

GENRE STYLINA, Lamark.

Polypier polymorphe, massif ou dendroïde. Polypiérites réunis par des côtes, non séparés par une muraille extérieure. Calices libres, circulaires. Cloisons entières. Columelle styliforme et saillante. Gemmation intercalicinale.

STYLINA HIRTA, E. de Fromentel.

Pl. B, fig. 14.

SYNONYMIE.

Stylina hirta, E. de From., 1858—61, Introd. à l'étude des Polyp. foss., p. 1[illegible]

Polypier en forme de boule. Calices assez rapprochés, de 2 à 2½ millimètres de diamètre. Les cloisons sont au nombre de 10 primaires très-régulières, légèrement renflées à leur extrémité interne, et de 10 secondaires très-régulières également; d'après M. de Fromentel il y en aurait encore 20 rudimentaires, je ne puis en apercevoir que quelques-unes. La columelle est assez forte et un peu comprimée. Environ 40 côtes granuleuses.

Cette espèce est assez commune au mont Salève, mais je n'en connais aucun individu bien conservé, et il est nécessaire de les polir pour pouvoir arriver à une détermination, les parties supérieures des calices se trouvant ainsi toujours enlevées, bien des caractères essentiels échappent, et il est facile de tomber dans quelque erreur. Il est toutefois certain que l'espèce du Salève est la *Stylina hirta*, c'est l'opinion de M. de Fromentel qui a bien voulu l'examiner.

Localité. Carrière de Monetier. Grande Gorge. Oolite corallienne. Collections Rochat, Favre.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 14 *a*. *Stylina hirta*, exemplaire poli, collection Rochat, grandeur naturelle

Pl. B, fig. 14 *b*. Fragment du même, grossi

GENRE THAMNASTRÆA, Lesauvage.

Ce genre (après défalcation des espèces appartenant aux genres *Centrastrea* et *Synastrea*) comprend des polypiers polymorphes, dont les polypiérites sont unis par les côtes ou par les murailles, cachées par des rayons septo-costaux confluents. Les calices sont épars, égaux, distincts au centre, mais confondus vers leur circonférence; les cloisons sont dentées et fortement granulées. La multiplication a lieu par bourgeonnement. Il n'existe point de columelle.

THAMNASTRÆA GENEVENSIS, (Defrance) Edw. et Haime.

Pl. B, fig. 15.

SYNONYMIE.

Astrea Genevensis, Defrance, 1826, Dict. des Sc. nat., t. XLII, p. 387.
Astrea cristata, Goldfuss, 1826—33, Petref. Germ., t. I, p. 66, pl. 22, fig. 8.
Sidrastræa Genevensis, Blainville, 1840, Manuel d'Actin., p. 371.
Astrea cristata, Michelin, 1843, Iconographie Zooph., p. 107, pl. 24, fig. 7.
Astrea cristata et *A. Genevensis*, A. Favre, 1843, Considér. sur le mont Salève, p. 22.
Synastrea Genevensis, Milne Edwards et Haime, 1850, Ann. des Sc. nat., 3e série, t. XII, p. 154.
Synastrea cristata, d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. I, p. 386, et t. II, p. 36.
Thamnastræa Genevensis, Edwards et Haime, 1851, Polyp. foss. du terr. pal., p. 110.
Id. Milne Edwards, 1857, Suites à Buffon, Hist. nat. des Coralliaires, p. 568.
Id. E. de Fromentel, 1858, Introd. à l'étude des Polypiers fossiles, p. 213.
Astrea cristata, Hohenegger, 1861, Geognost. Verh. der N. Carpathen, p. 21.

Polypier en masse circulaire, à surface convexe. Calices larges de 10 millimètres, épars, distincts, mais unis intimement aux autres par des rayons septo-costaux, qui rendent les murailles entièrement invisibles, on voit par des exemplaires polis qu'elles sont très-rudimentaires. Cloisons au nombre de 40 environ, de

grosseur inégale, très-serrées, souvent fortement géniculées au point où elles rencontrent celles des calices voisins et très-granuleuses sur leurs parois.

Les exemplaires de cette espèce que j'ai pu examiner sont assez bien conservés; elle n'est pas très-rare au mont Salève.

Collection du musée de Genève, collection Rochat, collection De Luc.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 15. *Thamnastræa Genevensis.* Exemplaire poli, de grandeur naturelle. Musée de Genève.

THAMNASTRÆA DENDROIDEA, (Lamouroux) Blainville.

SYNONYMIE

Astrea dendroidea, Lamouroux, 1821, Expos. method., p. 85, pl. 78, fig. 6.
Thamnasteria Lamouroux ii, Lesauvage, 1823, Mem. de la Soc. d'hist. nat. de Paris, t. I, p. 243, pl. 14.
Thamnastræa dendroidea, Blainville, 1830, Dict. des Sc. nat., t. LX, p. 337.
Thamnastræa gigantea, Bronn, 1835—37, Lethea Geogn., t. I, p. 256, pl. 16, fig. 2.
Thamnastræa Lamouroux ii, Michelin, 1843, Iconogr. Zooph., p. 109, pl. 25, fig. 2.
Thamnastræa dendroidea et *affinis,* Milne Edwards et Haime, 1850, Ann. des Sc. nat., 3e série, t. XII, p. 157 et 158.
Id. d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. II, p. 37.
Dactylastrea subramosa, d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. II, p. 36.
Thamnastræa dendroidea, Milne Edwards, 1857, Suites à Buffon, Hist. des Coralliaires, t. II, p. 563.
Id. E. de Fromentel, 1858, Introd. à l'étude des Polypiers fossiles, p. 214.

Polypier en gros buisson, formé de tiges serrées, rondes et souvent noueuses, quelquefois ramifiées. Calices épars, larges de 2 ou 3 millimètres, superficiels. Les cloisons forment 3 cycles, celles du dernier manquent quelquefois en partie; elles sont serrées, très-inégales et se continuent d'un calice dans l'autre sans interruption, en se coudant légèrement à leur point de rencontre.

Localité. Grand Salève. Carrière de Monetier. Un buisson presque complet existe dans la collection du musée de Genève. M. A. Rochat possède un fragment de rameau.

GENRE CENTRASTRÆA, d'Orbigny.

Polypier polymorphe. Polypiérites unis par des côtes ou par des murailles entièrement cachées par des rayons septo-costaux confluents. Cloisons régulièrement dentées. Calices épars à la surface du polypier. Columelle massive et styliforme.

Les Centrastrées sont des Thamnastrées à columelle styliforme.

CENTRASTRÆA COMMUNIS, E. de Fromentel.

SYNONYMIE

Centrastræa communis, E. de Fromentel, 1858—61, Introd. à l'étude des Polypiers fossiles, p. 217.

Polypier en petite masse arrondie. Calices larges de 3 millimètres, serrés, mais bien distincts. Cloisons larges, presque égales, au nombre de 18 à 20 par calice, intimement soudées à celles des calices voisins et souvent un peu géniculées à leur point de rencontre. Columelle épaisse.

Cette espèce, qui se retrouve dans un grand nombre de gisements coralliens, ne paraît pas très-fréquente au Salève; les exemplaires sont toujours tellement empâtés par la roche, qu'il est nécessaire de recourir à l'acide pour rendre les calices visibles, ce qui détruit toujours en bonne partie leurs caractères.

Localité. Carrière de Monetier. Étage corallien. Collection Rochat.

GENRE MICROSOLENA, Lamouroux.

Polypier polymorphe. Calices distincts. Cloisons confluentes, larges, formées de poutrelles écartées, leur partie supérieure ressemble à une ligne ponctuée. Point de murailles, point de palis.

MICROSOLENA RACEMOSA, (Michelin) Milne Edw. et Haime.

SYNONYMIE.

Alveopora racemosa, Michelin, 1843, Iconogr. Zoophyl., p. 110, pl. 25, fig. 6.
Dendraræa racemosa, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 37.
Microsolena racemosa, Milne Edw. et Haime, 1851, Polyp. foss. du terr. pal., p. 144
Id. Milne Edw. et Haime, 1860, Hist. nat. des Coralliaires, t. III p. 200.
Id. E. de Fromentel, 1858—61, Introd. à l'étude des Polypiers fossiles, p. 254.

Polypier dendroïde. Calices superficiels assez peu distincts, larges de 3 à 4 millimètres; les cloisons, au nombre de 12, sont irrégulières et composées de poutrelles grosses et écartées.

Je ne connais de cette espèce qu'un fragment de rameau assez mal conservé, trouvé au Salève dans l'oolite corallienne; il appartient à M. A. Rochat.

MICROSOLENA ROTATA, E. de Fromentel.

SYNONYMIE.

Microsolena rotata, E. de From., 1861, Introd. à l'étude des Polyp. foss. p. [illegible]

Je n'ai sous les yeux qu'un exemplaire de cette espèce, provenant du Salève; il est de petite taille et forme une petite masse arrondie et pédiculée, elle n'a que 25 millimètres de hauteur au

lieu de 70, qui paraît être la hauteur moyenne du type. Les calices sont très-distincts et larges de 7 à 8 millimètres. Les cloisons sont épaisses, au nombre de 46 environ, dont une douzaine seulement atteignent le centre.

Localité. Carrière de Monetier. Collection Rochat.

II. FOSSILES DE L'ÉTAGE VALANGIEN

(La liste de ces fossiles a été donnée § 221.)

§ 248. — C'est à cet étage qu'appartiennent toutes les couches placées au Salève entre le corallien et le néocomien moyen. On y rencontre un assez grand nombre de fossiles, mais les espèces sont peu variées, les Nérinées et les Ptérocères sont particulièrement abondants. Parmi les neuf espèces énumérées plus loin, sept déjà décrites sont très-caractéristiques de cet étage; j'en ai négligé quatre ou cinq nouvelles dont je ne connaissais que des individus mal conservés. Le calcaire roux renferme beaucoup de bryozoaires, mais très-empâtés et difficiles à déterminer exactement.

NERINEA FAVRINA, Pictet et Campiche.

Pl. B, fig. 17, 18.

SYNONYMIE.

Nerinea Favrina, Pictet et Campiche, 1862, Pal. suisse, Foss. de Ste-Croix, 2e partie, p. 229, pl. 65, fig. 1—3.

Je renvoie à la Paléontologie suisse pour la description de cette espèce; les exemplaires du Salève étant identiques dans tous leurs caractères avec ceux du valangien de Ste-Croix, ainsi qu'il sera facile de s'en convaincre en comparant les deux figures. Je n'ai aucun document nouveau à ajouter à ce qu'on connaît déjà sur elle, il me paraît seulement très-probable que, s'il existait un ombilic, il devait être fort étroit.

Rapports et différences. L'espèce jurassique qui par sa forme extérieure ressemble le plus à la *N. Favrina*, est la *N. Gosæ*. Rœmer, de l'étage kimméridien; celle-ci a l'angle spiral moins aigu, et la coupe de l'ouverture est entièrement distincte, puisqu'il ne s'y trouve qu'un seul pli columellaire. La *N. dilatata*, d'Orb., a un ombilic très-large, un angle spiral beaucoup moins aigu et une ouverture toute différente. Plusieurs espèces valangiennes sont très-voisines; on trouvera dans la Paléontologie suisse les caractères qui les distinguent. La *N. Favrina* se reconnaîtra toujours facilement à sa forme très-élancée, à ses tours de spire partagés en deux parties dans le moule par le pli du labre et à ses trois plis columellaires.

Localité. Petit Salève. Premières et secondes Voûtes, avec la *N. Marcousana*. Je ne la connais pas encore du Grand Salève. Étage valangien. Collection Favre, collection De Luc. Abondante.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 17. *Nerinea Favrina*, de grandeur naturelle. Collection De Luc.
Pl. B, fig. 18. Coupe d'un autre individu de la même espèce. Collection Favre.

NERINEA MARCOUSANA, d'Orb.

Pl. B, fig. 21, 22, 23.

SYNONYMIE.

Nerinea Marcousana, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 67.
Id. Pictet et Campiche, 1862, Pal. suisse, Foss. cret. de Ste-[illegible] 2e partie, p. 226, pl. 64, fig. 1, 2.

DIMENSIONS.

Angle spiral . . . . . moyenne [illegible]
Le plus grand échantillon a une longueur de 122 millimètres.
Diamètre par rapport à la longueur . . . . . [illegible]
Hauteur du dernier tour par rapport à la longueur . . . . . [illegible]
Diamètre de l'ombilic par rapport au diamètre des tours . . . [illegible]

Je ne connais aucun fragment de test; les moules indiquent une coquille très-allongée, conique et ombiliquée. N'ayant que des exemplaires assez incomplets, je n'ai pu observer un grand

nombre de variations de l'angle spiral, j'ai été obligé de donner une moyenne de 20° qui est l'angle de la majeure partie des fragments que j'ai sous les yeux. L'angle du jeune âge de l'exemplaire le plus complet était de 26°. Aucun fragment ne m'a présenté un angle spiral plus aigu que 20°. Ouverture plus haute que large, avec un pli médian peu saillant au labre et deux à la columelle, le supérieur est presque médian. Les tours sont étroits, fortement excavés, anguleux, divisés au milieu par un profond sillon produit par la dent du labre. L'ombilic est assez grand.

Rapports et différences. La seule espèce de Nérinée jurassique, à la fois ombiliquée et pourvue de plis semblables, qui me paraisse pouvoir être comparée avec celle-ci, est la *N. dilatata*, d'Orb., de l'étage corallien; je n'en connais pas le moule, mais d'après la coupe qu'en a donnée d'Orbigny, il doit ressembler assez à celui de la *N. Marcousana*, seulement il est régulièrement conique avec un angle de 18°, et les plis sont bien plus fortement prononcés, surtout celui du labre. L'espèce du Salève est parfaitement identique avec la *N. Marcousana*, d'Orb., si bien figurée dans la Pal. suisse, seulement l'ombilic est plus étroit. Ce seul caractère est-il suffisant pour la création d'une espèce nouvelle. Je ne le pense pas. MM. Pictet et Campiche ont fait ressortir toutes les différences qui séparent la *N. Marcousana* des autres espèces valangiennes. La *Nerinea Favrina* est celle qui s'en rapprocherait le plus, elle en est toutefois bien distincte par son ouverture plus étroite, portant trois plis columellaires, sa forme beaucoup plus élancée et ses tours de spire plus élevés.

Localité. Petit Salève. Premières et secondes Voûtes. Très-abondante. Grand Salève. Carrière de Monetier, avec la *Natica Leviathan*. Étage valangien.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 21. *Nerinea Marcousana*, individu de grandeur naturelle. Collection Favre.

Pl. B, fig. 22. Coupe d'un autre individu.

Pl. B, fig. 23. La même espèce, vue en-dessus, pour montrer l'ombilic.

NERINEA FUNIFERA, Pictet et Campiche.

Pl. B, fig. 19, 20.

SYNONYMIE

Nerinea funifera, Pictet et Campiche, 1862, Pal. suisse, 3e série, Foss de Ste-Croix p. 234, pl. 66, fig. 8—10.

Je ne connais encore que quelques fragments de cette espèce provenant du mont Salève; ce sont des moules trop incomplets pour qu'il soit possible d'en déduire les dimensions réelles de l'individu. L'angle spiral est de 10°, l'angle sutural de 58°. La coquille était très-allongée, non ombiliquée ou peut-être simplement perforée. Tours de spire très-obliques dans le moule, très-évidés au milieu et pourvus de bourrelets suturaux très-prononcés, ils s'articulent les uns dans les autres, exactement comme l'indique M. Pictet, par une surface irrégulièrement conique, reçue dans une autre de même forme. L'ouverture très-allongée et fort-simple ne présentait point de pli au labre et un seul à la columelle vers sa partie supérieure.

Rapports et différences. Il est impossible de méconnaître l'identité de notre espèce avec la *N. funifera*, dont la description et la figure lui conviennent jusque dans les moindres détails, et qui est bien différente des autres espèces crétacées. Parmi les espèces des étages jurassiques supérieurs, dont la columelle ne porte qu'un seul pli, je n'en trouve pas qui puisse lui être comparée. Les *Nerinea grandis*, Voltz, et *Gosæ*, Rœmer, ont chacune un pli très-saillant au labre, qui entaille fortement le moule intérieur. Dans le jeune âge de la *N. Gosæ*, ce pli est presque effacé, il en résulte une coupe qui au premier abord paraît analogue à celle de notre espèce, et dont M. Contejean a donné une figure (Kimm. de Montbéliard, pl. 7, fig. 5); il est facile de remarquer toutefois que dans la *N. Gosæ* tous les plis sont effacés dans le jeune âge, tandis que dans les exemplaires de même taille de la *N. funifera* le pli columellaire est très-prononcé.

Localité. Petit Salève. Étage valangien. Collection Favre.

Explication des figures

Pl. B, fig. 19. *Nerinea funifera*, de grandeur naturelle

Pl. B, fig. 20. Coupe d'un autre individu.

CERITHIUM BROTIANUM, de Loriol.

Pl. B, fig. 24.

DIMENSIONS :

Longueur totale		46mm
Diamètre du dernier tour		22
Hauteur des tours par rapport au diamètre		0,40
Angle spiral	environ	35°

Coquille allongée, conique, dont l'angle spiral est d'environ 35°. Tours de spire étroits, disposés en gradins, ornés de côtes transverses, droites, un peu aiguës, saillantes, régulièrement espacées. Ouverture étroite et sinueuse dans l'âge adulte, elle l'était moins dans le jeune âge. Aucune trace de plis au labre ou à la columelle. Le moule est entièrement lisse et ombiliqué. Il me paraît très-douteux que la coquille elle-même fût pourvue d'un ombilic, il est plus probable qu'elle était simplement perforée; on peut du moins le supposer d'après l'examen d'un exemplaire qui a conservé quelques fragments de test à sa partie supérieure.

Rapports et différences. Je ne connais pas d'espèce qui puisse être comparée à celle-ci, son classement dans le genre *Cerithium* me laisse encore quelques doutes qui ne pourront être dissipés que par la découverte de meilleurs exemplaires. Elle a des rapports avec certaines espèces liasiques du genre Niso; elle s'en rapprocherait encore plus s'il venait à être prouvé que la coquille était ombiliquée; par contre la forme de l'ouverture l'en éloigne. La coupe du moule intérieur est tout à fait celle de certains Cérithes et montre que probablement l'ouverture était pourvue d'un double canal.

Localité. Grand Salève, carrière de Monetier. Etage valangien avec *Natica Leviathan.* Pas rare. Collection Favre, musée de Genève.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 24 *a*. *Cerithium Brotianum*, de grandeur naturelle.

Pl B, fig. 24 *b*. Coupe d'un moule intérieur de la même espece

NATICA LEVIATHAN, Pictet et Campiche

SYNONYMIE

Strombus Sautieri, Coquand, 1856, Mem. Soc. d'Em. du Doubs, 2e serie, t. VII, p. 35 pl. 5, fig. 2 et 3.

Natica Leviathan, Pictet et Campiche, 1863, Pal. suisse, Foss. de Ste-Croix, 2e partie p. 562, pl. 89, fig. 1, 2.

Cette espèce, bien connue sous le nom de *Strombus Sautieri* et très-caractéristique de l'étage valangien, se trouve assez abondamment au mont Salève, dans des couches placées immédiatement au-dessus de bancs coralliens. M. Favre en possède toute une série d'exemplaires dont quelques-uns d'une très-grande taille. On trouvera dans la Paléontologie suisse (loc. cit.) toute l'histoire de cette intéressante espèce, ainsi que l'exposé détaillé des motifs qui ont engagé les auteurs à la retirer du genre Strombus pour la ranger parmi les Natices.

PTEROCERA DESORI, Pictet et Campiche.

Pl. B, fig. 27, 28.

SYNONYMIE.

Pterocera Desori, Pictet et Campiche, 1863, Pal. suisse, Foss. de Ste-Croix, 2e partie p. 571, pl. XC, fig. 3.

DIMENSIONS :

Angle spiral dans les moules		environ	50°
(Il est plus ouvert dans les contre-empreintes.)			
Longueur totale sans les digitations	environ	55mm	à 75mm
Diamètre du dernier tour	de	35	à 47
Id. par rapport à la longueur	environ		0,[illegible]
Hauteur du dernier tour par rapport à l'ensemble, probablement entre		0,70	et 0,[illegible]

N. B. Ces dimensions ne sont qu'approximatives; je n'ai pas eu à ma disposition d'échantillon assez parfait pour pouvoir les prendre exactement.

Espèce allongée, moins large que longue. Spire composée de tours arrondis, le dernier fort grand, orné de cinq grosses côtes

longitudinales, dont la première postérieure est assez faible, les quatre autres sont presque égales, les deux du milieu étant un peu plus saillantes. Toutes, ainsi que le canal, sont terminées par des digitations étroites, longues et effilées. Entre ces grosses carènes, il s'en trouve de plus petites, en nombre un peu variable, généralement une entre les deux carènes postérieures, deux ou trois entre la seconde et la troisième, trois ou quatre entre la troisième et la quatrième, deux entre les autres. Toutes ces côtes se laissent apercevoir, quoique indistinctement, jusqu'au bord columellaire. Les moules intérieurs montrent une dépression du labre très-sensible et lisse, elle n'existe point dans les contre-empreintes; les côtes externes se prolongeaient en digitations, et le labre ne se trouvait rétréci que dans l'intérieur de l'ouverture, comme cela se voit dans les espèces vivantes.

Rapports et différences. L'étude des Ptérocères fossiles, dont on ne possède que des contre-empreintes ou des moules intérieurs, comme c'est le cas pour ceux du Salève, est extrêmement difficile, et ce n'est que grâce à une comparaison attentive de mes exemplaires avec ceux du valangien de Ste-Croix, que M. Pictet a eu la bonté de me communiquer, que j'ai pu arriver à une détermination exacte et établir clairement leur identité. Le *Pt. Desori* est bien distinct du *Pt. Oceani*, Brongn., qui a constamment sept digitations au lieu de six et les côtes intermédiaires nulles ou moins nombreuses. M. Pictet (loc. cit.) énumère les caractères nombreux et très-suffisants qui peuvent le faire distinguer du *Pt. Pelagi*, Brongn.; il est plus difficile de le séparer du *Pt. Jaccardi*, Pictet et Camp., car les individus du Salève sembleraient offrir une transition, soit par leurs dimensions, soit par leur forme, entre ces deux espèces, et la petite carène postérieure à digitation recourbée, conservée par un hasard heureux à l'exemplaire figuré (pl. B, fig. 27) pourrait bien avoir passé inaperçue sur les exemplaires connus du *Pt. Jaccardi*. Toutefois je n'ai point ici à traiter cette question, et si la découverte d'exemplaires mieux conservés ou de transitions nouvelles engageait plus tard M. Pictet à réunir ces deux espèces, les individus du Salève trouveraient leur place entre les deux formes extrêmes, figurées dans la Pal. suisse.

Observation. L'angle spiral est en général plus ouvert dans les contre-empreintes que dans les moules intérieurs; ce caractère est du reste variable chez les Ptérocères, car sur deux exem-

plaires du *Pterocera lambis*, Lk., que j'ai mesurés, l'un a un angle spiral de 8 degrés plus ouvert que celui de l'autre.

Localité. Grand Salève, carrière de Monetier, au-dessus des couches coralliennes dans le banc à *Natica Leviathan*, P. et C. (*Strombus Sautieri*, Coquand). Étage valangien. Collections Favre, Pictet. Commun. Se retrouve au Petit Salève. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 27. *Pterocera Desori*, contre-empreinte de grandeur naturelle. Les [illegible] intermédiaires sont mal conservées. Collection Favre.

Pl. B, fig. 28. Individu de la même espèce qui a conservé une portion de test [illegible] est à l'état de moule intérieur sur lequel on voit la [illegible] labre. Collection Favre.

APORRHAIS SAUSSUREANUS, de Loriol.

Pl. B, fig. 26.

DIMENSIONS :

Angle spiral	[illegible]
Longueur totale	[illegible]
Largeur du dernier tour, l'aile comprise	[illegible]

Espèce très-allongée, turriculée. Tours de spire probablement nombreux, un peu en gradins, légèrement convexes, lisses et très-séparés dans le moule; le dernier, qui n'est pas beaucoup plus grand que le pénultième, portait une forte carène en-dessus de la suture. Le canal était long et recourbé et le labre très-dilaté, son expansion se terminait en bas par une longue pointe recourbée.

Rapports et différences. Je ne connais encore qu'un seul exemplaire de cette espèce, c'est un moule intérieur; il se distingue très-nettement des autres Aporrhais par tous ses caractères.

Localité. Carrière de Monetier sur le Grand Salève, au-dessus des bancs coralliens, avec *Natica Leviathan*, *Pterocera Desori* etc. Étage valangien. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. B, fig. 26. *Aporrhais Saussureanus*, de grandeur naturelle.

APORRHAIS VALANGIENSIS, Pictet et Campiche.

Pl. B, fig. 25.

SYNONYMIE.

Pterocera Dupiniana, d'Orbigny, 1842, Pal. fr., Terr. crét., t. II, p. 302, pl. 211, fig. 5—7.

Aporrhais Valangiensis, Pictet et Campiche, 1864, Pal. suisse, Foss. de Ste-Croix, 2e partie, p. 593, pl. 92, fig. 6—8.

DIMENSIONS :

Longueur totale	environ 50mm
Largeur du dernier tour, l'aile comprise	25
Angle spiral	47°

Coquille allongée. Spire composée de tours peu arrondis, un peu étagés; le dernier, formant à lui seul plus de la moitié de la longueur, portait deux carènes saillantes, l'une à peu de distance de la suture, l'autre rapprochée du canal, et en outre de nombreuses petites côtes longitudinales assez régulières, fines et très-rapprochées. Je ne puis apprécier ces ornements que par une contre-empreinte. Le labre était relativement peu dilaté et portait probablement trois digitations, une à l'extrémité de chacune des deux carènes et une troisième à l'extrémité du canal.

On trouvera dans l'ouvrage précité de MM. Pictet et Campiche tout ce qui a trait à l'histoire de cette espèce et à ses rapports avec les autres Aporrhais.

Localité. Grand Salève, carrière de Monetier. Étage valangien. Collection Favre. Assez rare.

Explication des figures.

P. B, fig. 25. *Aporrhais Valangiensis*, individu de grandeur naturelle de la collection de M. Favre.

CIDARIS PRETIOSA, DESOR.

SYNONYMIE.

Cidaris pretiosa, Desor, 1858, Synopsis, p. 10, pl. 5, fig. 3.

Id. Cotteau, 1861, Pal. fr., Terr. crét., t. VII, p. 185, pl. 1041.

Deux ou trois radioles incomplets appartenant à cette espèce ont été trouvés dans le calcaire roux à la Grande Gorge. M. Desor a eu la bonté de les examiner et de vérifier leur détermination. Ils sont assez faciles à reconnaître à leur forme presque cylindrique, à leur surface garnie de petites épines en séries, un peu plus développées d'un côté que de l'autre. La collerette est très-petite, le bouton peu saillant.

III. FOSSILES DE L'ÉTAGE NÉOCOMIEN MOYEN

(Six espèces nouvelles.)

§ 249. — J'ai quelques espèces nouvelles à citer, découvertes ou signalées depuis la publication de mon travail sur les Invertébrés fossiles de cet étage. On a trouvé aussi deux ou trois pinces appartenant à un Crustacé; il n'est pas encore possible d'en déterminer l'espèce avec certitude.

ODONTASPIS GRACILIS, Agassiz.

SYNONYMIE

Lamna gracilis, Agassiz, 1835, Poissons fossiles, t. III, p. 295, pl. 37 a, fig. [illegible]
Odontaspis gracilis, Pictet et Campiche, 1858, Pal. suisse, Foss. de Ste-Croix, 1re part., p. 88, pl. 11, fig. 9—18

Cette espèce est très-abondante au Salève; elle a été décrite et figurée de la manière la plus complète par MM. Pictet et Campiche, je n'ai donc pas à y revenir.

PYCNODUS, spec.

Les couches du néocomien moyen renferment beaucoup de dents isolées qui ont appartenu très-probablement à une espèce nouvelle du genre Pycnodus; il n'est toutefois pas encore possible de la caractériser suffisamment, pour qu'il y ait quelque intérêt à la publier.

PSEUDOMELANIA GERMANI, Pictet et Campiche.

SYNONYMIE.

Pseudomelania Germani, Pictet et Campiche, 1862, Pal. suisse, Foss. de Ste-Croix, p. 269, pl. 70, fig. 6—8.

Coquille allongée, croissant sous un angle de 10°. Sutures profondes. Ouverture peu allongée, arrondie en avant et amincie en arrière.

Quelques individus de cette espèce ont été recueillis à la Varappe par M. le professeur Pictet.

APORRHAIS DUPINIANA, d'Orbigny.

SYNONYMIE.

Rostellaria Dupiniana, d'Orb., 1843, Pal. fr., Terr. crét., t. II, p. 281, pl. 206, fig. 1, 3.
Aporrhais Dupiniana, Pictet et Campiche, 1864, Pal. suisse, Foss. de Ste-Croix, 2e partie, p. 589, pl. 92, fig. 1—3

Cette espèce bien connue a été retrouvée par M. Pictet à la Varappe dans le néocomien moyen.

LIMA PSEUDO-PROBOSCIDEA, de Loriol.

SYNONYMIE.

Lima Picteti, de Loriol, 1862, Invertebres fossiles du neoc. moyen du Salève, p. 96, pl. 12, fig. 1, 2, 3 (non *L. Picteti*, Étallon).

Je dois à regret changer le nom de cette espèce, Étallon ayant déjà décrit en 1859 une *Lima Picteti* du corallien de St-Claude.

PLICATULA ASPERRIMA, d'Orbigny.

SYNONYMIE.

Plicatula asperrima, d'Orbigny, 1843, Pal. fr., Terr. crét., t. III, p. 679, pl. 4[illegible], fig. 1—4.
Id. d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. II, p. 83.

DIMENSIONS :

Largeur . . . . . 13[illegible]

Coquille ovale déprimée, irrégulière. Valve inférieure fixée. Valve supérieure ornée de petites côtes rayonnantes, très-nombreuses, inégales, couvertes de petites écailles imbriquées.

Cette espèce, par ses ornements, est facile à distinguer des autres, je n'en connais qu'un seul exemplaire fixé sur un gros bryozoaire.

Localité. La Varappe. Néocomien moyen, marnes panachées. Ma collection.

IV. FOSSILES DE L'ÉTAGE URGONIEN

(La liste des fossiles a été donnée § 228.)

§ 250. — L'étage urgonien est représenté au Salève par un calcaire blanc, compacte, rempli de fossiles. Malheureusement ceux-ci sont en général empâtés, difficiles à détacher ; il faut souvent beaucoup de travail pour obtenir un bon échantillon. On réussit toutefois à en avoir de très-parfaits ayant conservé leur test et tous leurs ornements. Outre les espèces que je décris ci-dessous, j'ai pu constater la présence de beaucoup d'autres toutes nouvelles, dont il n'a encore été trouvé que des exemplaires insuffisants ; j'ai reconnu en particulier plusieurs espèces de bryozoaires et de polypiers tellement empâtées par la roche qu'il est ab-

solument impossible de préciser leurs caractères. Ce gisement n'est encore connu que d'une manière incomplète, des fouilles patientes et persévérantes sont encore nécessaires; il est situé sur la pente du Grand Salève, au-dessus du village d'Essert, à l'endroit nommé Sur le Mont. Trois espèces seulement se retrouvent dans l'urgonien d'Orgon.

TORNATELLA ESSERTENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 1.

DIMENSIONS :

Angle spiral	53°
Longueur probable	16mm
Largeur du dernier tour	8

Coquille oblongue, allongée, entièrement lisse, le dernier tour porte cependant des lignes d'accroissement sensibles, il est assez renflé, près de deux fois aussi grand que le reste de la spire et bordé d'un petit replat au-dessus de la suture. La columelle est épaisse, pourvue d'un gros pli à son sommet. L'ouverture paraît avoir été étroite, le labre est mal conservé.

Rapports et différences. Assez voisine par sa forme de l'*Act. Dupiniana*, d'Orb., cette espèce s'en distingue facilement par sa surface entièrement lisse et son pli columellaire.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Étage urgonien. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 1 *a* et 1 *b*. *Tornatella Essertensis*, de grandeur naturelle.

NERINEA ESSERTENSIS, Pictet et Campiche.

Pl. C, fig. 4.

SYNONYMIE.

Nerinea Essertensis, Pictet et Campiche, 1862, Pal. suisse, Foss. Ste-Croix, 2e partie, p. 242, pl. 70, fig. 1.

DIMENSIONS

Longueur totale	environ	15 à 19mm
Diamètre du dernier tour par rapport à la longueur		0.51
Hauteur du dernier tour	id.	0.16
Angle spiral		0.1[illegible]

Coquille petite, un peu pupoïde. Tours de spire étroits, excavés au milieu et relevés vers les sutures, sans ornements. Une coupe que j'ai obtenue me fait croire à l'existence d'un ombilic. Ouverture un peu carrée, une dent au labre dans sa partie supérieure, trois dents à la columelle, l'antérieure et la postérieure très-profondes, la médiane plus petite.

Rapports et différences. Cette espèce est bien caractérisée par ses tours lisses, excavés et sans ornements, ainsi que par sa coupe et sa très-petite taille. L'individu figuré dans la Paléontologie suisse est un peu moins frais, et ses tours paraissent moins excavés. Une comparaison immédiate de plusieurs exemplaires m'a permis de m'assurer de leur parfaite identité.

Localité. Mont Salève, au-dessus du village d'Essert. Assez commune. Collection Pictet, collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 1 *a*. *Nerinea Essertensis*, grandeur naturelle
Pl. C, fig. 1 *b*. Individu un peu grossi, de la collection de M. Favre
Pl. C, fig. 1 *c*. Coupe grossie du même.

PSEUDOMELANIA EXIGUA, de Loriol.

Pl. C, fig. 2.

DIMENSIONS

Angle spiral	2[illegible]
Longueur totale donnée par l'angle	15mm
Diamètre du dernier tour	[illegible]

Coquille de petite taille, aciculée. Tours de spire plans, le dernier un peu renflé, séparés par des sutures peu marquées. sur leur surface entièrement lisse on remarque seulement un sillon longitudinal, assez profond, qui borde les sutures. Ouverture ovale. Columelle lisse sans trace d'encroûtement.

Rapports et différences. Cette petite espèce, qui ne peut être confondue avec aucune autre, se rapproche beaucoup des Eulima; toutefois la présence d'un sillon infra-sutural, faisant supposer que la coquille n'était pas enfermée dans le manteau, m'engage à la placer dans le genre Pseudomelania; on retrouve un sillon identique dans plusieurs des espèces qu'il renferme.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 2 *a*. *Pseudomelania exigua*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 2 *b*. Individu un peu grossi du côté buccal.
Pl. C, fig. 2 *c*. Le même de l'autre côté.

CERITHIUM ESSERTENSE, de Loriol.

Pl. C, fig. 3.

DIMENSIONS :

Angle spiral		22°
Longueur totale	environ	7mm
Diamètre du dernier tour		2

Très-petite coquille conique. Tours de spire étroits, parfaitement plans, séparés par des sutures indistinctes, ornés de trois cordons très-granuleux, rapprochés, dont l'inférieur est un peu plus prononcé. Ouverture très-petite, surbaissée, un peu carrée, canal court.

Rapports et différences. Voisine du *Cer. Coquandi*, Pictet et Camp., cette espèce s'en distingue par sa forme un peu plus élancée, son ouverture plus déprimée et carrée, ses cordons tuberculeux plus égaux et le manque de côtes transversales.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 3 *a*. *Cerithium Essertense*, grandeur naturelle
Pl. C, fig. 3 *b*. Individu grossi.

NARICA STOPPANII, de Loriol.

Pl. C, fig. 5.

DIMENSIONS :

Hauteur totale	14mm
Diamètre du dernier tour	13
Angle spiral	110°

Coquille ovale, ventrue. Spire très-courte, le dernier tour forme presque la totalité de l'ensemble, les autres, très-petits, sont bien détachés et séparés par une suture profondément canaliculée. Les ornements de la surface consistent en petites côtes longitudinales et transversales, très-saillantes, peu nombreuses, se croisant presque à angle droit, de manière à former un treillis très-régulier, dont les mailles lâches sont divisées quelquefois en deux par une côte longitudinale plus petite. Ouverture ovale, légèrement canaliculée à la base du labre, tronquée en dedans par la columelle qui est droite. Ombilic peu ouvert.

Rapports et différences. Je ne connais aucune espèce qui puisse être confondue avec celle-ci; elle présente parfaitement tous les caractères du genre. J'en connais deux exemplaires.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Étage urgonien. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 5 *a*. *Narica Stoppanii*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 5 *b*. Individu un peu grossi vu du côté de l'ouverture.
Pl. C, fig. 5 *c*. Le même de l'autre côté.

NERITA PICTETIANA, de Loriol.

Pl. C, fig. 6.

DIMENSIONS :

Longueur de la face buccale	7mm
Largeur id.	6
Hauteur totale	4

Coquille ovale-arrondie, conique. Tours de spire invisibles; le sommet est excentrique en arrière, la surface entièrement lisse. Face buccale très-convexe, séparée de la spire par un angle prononcé. Ouverture semi-lunaire très-étroite, labre un peu étalé, mince, columelle portant deux dents visibles, peut-être un plus grand nombre.

Rapports et différences. Je ne connais pas d'espèce avec laquelle celle-ci puisse être confondue : elle vient se ranger à côté de la *Nerita Schemidelliana*, Gmel, sa forme rappelle celle des *Pileolus*, mais elle ne présente point en-dessous la dépression circulaire caractéristique des espèces de ce genre.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Étage urgonien. Collection Favre. Très-rare.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 6 *a*. *Nerita Pictetiana*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 6 *b*. Individu un peu grossi, vu sur la face buccale
Pl. C, fig. 6 *c*. Le même, vu du sommet.

PLEUROTOMARIA GOSSEANA, de Loriol.

Pl. C, fig. 7.

DIMENSIONS :

Angle spiral	105°
Hauteur totale	20 à 25mm
Diamètre de la base	35
Hauteur du dernier tour	10

Coquille très-déprimée, bien plus large que haute. Spire composée de tours peu nombreux, croissant très-rapidement, divisés en deux par une carène peu saillante; la partie inférieure est légèrement convexe et ornée de sillons longitudinaux écartés, très-étroits, mais assez profonds; la partie supérieure, fortement évidée, est couverte d'un treillis serré, formé de lignes longitudinales et transversales, se coupant obliquement. Face ombilicale très-convexe; des fragments de test conservés montrent qu'elle était sans ornements. Ombilic étroit, probablement indiqué seulement par une dépression lorsque le test était intact.

Rapports et différences. Cette espèce est si distincte des autres par sa forme déprimée, sa face ombilicale très-convexe, son ombilic à peine ouvert et ses ornements, qu'il m'a paru utile de la décrire, lors même qu'il n'en a encore été trouvé qu'un seul exemplaire imparfait; elle ne peut être confondue avec aucune autre. Je l'ai dédiée à la mémoire de M. Gosse, chez qui eut lieu à Mornex la première réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles en 1815.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Étage urgonien. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 7 *a*. *Pleurotomaria Gosseana*, individu de grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 7 *b*. Le même, vu sur la face ombilicale.
Pl. C, fig. 7 *c*. Une portion de test grossie.

TURBO CRIVELLI, Pictet et Campiche.

Pl. C, fig. 9.

SYNONYMIE.

Turbo Crivelli, Pictet et Campiche, 1863, Pal. suisse, Foss. de Ste-Croix, 2e partie p. 479, pl. 83, fig. 9.

DIMENSIONS :

Longueur totale	8mm
Diamètre du dernier tour	10
Ouverture de l'angle spiral	90°

Coquille de petite taille, turbinée. Spire aiguë au sommet, composée de tours croissant rapidement, le dernier est beaucoup plus grand que les autres, tous portent une carène tuberculeuse à peu près médiane, en avant de laquelle sont des côtes longitudinales, régulièrement espacées et saillantes, au nombre de 10 environ; en arrière se montrent des plis transversaux bien marqués. L'ouverture est ronde, l'ombilic étroit.

Rapports et différences. Un exemplaire un peu incomplet, mais parfaitement reconnaissable de ce joli petit Turbo, bien distinct des autres, a été trouvé au Salève. Ses caractères correspondent parfaitement avec ceux des individus de Châtillon-

de-Michaille, décrits dans la Paléontologie suisse; j'ai pu m'assurer de leur identité par une comparaison directe avec les individus de la collection de M. Pictet.

Localité. Grand Salève. Essert. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 9 *a*. *Turbo Crivelli*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 9 *b*. Individu grossi.

SOLARIUM URGONENSE, de Loriol.

Pl. C, fig. 8.

DIMENSIONS :

Angle spiral	11°
Diamètre de la base	16mm
Hauteur approximative	8
Diamètre de l'ombilic par rapport à celui de la base	0,37

Coquille assez élevée. Tours de spire étagés, convexes, le dernier un peu anguleux, ornés tout le long des sutures de petits plis transversaux, peu saillants, courts, nombreux, séparés par des intervalles égaux, ils sont limités par un angle assez saillant, appréciable surtout au dernier tour, au-dessous duquel se trouvent plusieurs cordons longitudinaux un peu granuleux. Face ombilicale convexe, ses ornements sont inconnus.

Rapports et différences. Bien que cette jolie espèce ne soit pas encore complétement connue, je n'ai pas cru devoir la passer sous silence; car elle se distingue facilement, par sa forme peu déprimée et son ornementation, des autres Solarium, pourvus comme elle de tubercules pliciformes le long des sutures. Le *Solarium Albense*, d'Orb., n'a point de cordons granuleux, et ses tours sont beaucoup plus carrés.

Localité. Grand Salève. Collection Favre. Très-rare.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 8 *a*. *Solarium Urgonense*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 8 *b*. Individu grossi, vu en-dessus.
Pl. C, fig. 8 *c*. Le même, vu sur la face ombilicale.
Pl. C, fig. 8 *d*. Le même, vu de côté (l'angle est trop ouvert).

COLUMBELLINA HEBERTINA, de Loriol.

Pl. C, fig. 10.

DIMENSIONS.

Angle spiral		40°
Longueur probable	environ	25mm
Diamètre du dernier tour		11

Coquille oblongue, assez allongée, à test très-épais. Spire formée de tours convexes, le dernier fort grand par rapport à l'ensemble, ornés en travers de 8 à 10 bourrelets épais, mal définis, peu sensibles sur le dernier tour, et de côtes longitudinales régulièrement espacées, saillantes, en forme de cordons, au nombre de 14 à 15 sur le dernier tour; elles sont rendues granuleuses par des stries transversales prononcées qui les coupent un peu obliquement. Ouverture étroite terminée à la base par un prolongement recourbé, large, mais très-court, et au sommet par un canal assez renversé en arrière. Columelle encroutée, entièrement lisse. Labre épais, pourvu de 5 ou 6 petits tubercules, ils étaient très-sensibles dans un exemplaire qui s'est malheureusement égaré avant d'avoir pu être dessiné.

Rapports et différences. Cette espèce est intermédiaire entre les *Col. monodactylus*, d'Orb., et *ornata*, d'Orb.; elle diffère de la première par ses ornements, par le prolongement canaliculé à la base de l'ouverture, qui est large et contourné au lieu d'être grêle et droit, par sa forme plus élancée, son dernier tour moins renflé, son labre moins accidenté; de la seconde par ses tours de spire ornés en travers de bourrelets peu sensibles et non de grosses côtes saillantes, par sa columelle lisse et non dentée, par sa forme moins gibbeuse.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 10 *a*. *Columbellina Hebertina*, grandeur naturelle
Pl. C, fig. 10 *b*. Individu, vu du côté de l'ouverture
Pl. C, fig. 10 *c*. Le même de l'autre côté

LUCINA URGONENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 13.

DIMENSIONS :

Longueur	23mm
Largeur par rapport à la longueur	0,78
Épaisseur id. (des deux valves)	0,60
Longueur du côté anal par rapport à la longueur	0,56

Coquille allongée, presque équilatérale. Côté buccal fortement arrondi. Région anale un peu rétrécie et pourvue d'un sillon assez marqué, qui part du sommet des crochets et va en s'élargissant jusqu'au bord. La surface des valves est ornée de très-fines stries concentriques, à peine visibles à l'œil nu, très-rapprochées, un peu plus marquées du côté buccal, fortement infléchies sur l'angle anal et coupées par quelques faibles stries rayonnantes écartées, peu sensibles.

Rapports et différences. Cette espèce est bien distincte, par sa forme et la nature de ses ornements, des autres Lucines crétacées. Il peut toujours rester quelque incertitude relativement au genre, aussi longtemps que la charnière ne sera pas connue.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 13 *a*. *Lucina Urgonensis*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 13 *b*. Individu un peu grossi.
Pl. C, fig. 13 *c*. Le même individu également grossi, pour montrer l'épaisseur ; la valve au trait est théorique.

ASTARTE ESSERTENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 11.

DIMENSIONS :

Longueur	19mm
Largeur par rapport à la longueur	0,78
Épaisseur id. environ	0,52
Longueur du côté anal par rapport à la longueur	0,78
Angle apicial	115°

Coquille ovale, plus longue que large, peu-épaisse, très-inéquilatérale. Côté buccal court et arrondi. Région anale beaucoup plus longue, rétrécie, un peu anguleuse. Crochets peu saillants. Surface des valves couverte de petites côtes concentriques assez larges, régulières, égales, rapprochées, séparées par des intervalles presque égaux; elles diminuent en nombre et deviennent beaucoup plus grosses vers l'extrémité anale. Bord interne des valves fortement crénelé.

Rapports et différences. Très-voisine de l'*Astarte disparilis*, d'Orb., cette espèce s'en distingue par sa forme plus allongée, plus inéquilatérale, son angle apicial plus ouvert, sa largeur moindre, sa région anale moins anguleuse, ses côtes proportionnellement plus fines et plus nombreuses. De très-bons exemplaires de l'*A. disparilis*, de Marolles, que j'ai pu examiner, m'ont clairement montré que l'espèce du Salève doit en être séparée.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Collection Favre. collection Pictet.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 11 *a*. *Astarte Essertensis*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 11 *b*. Individu un peu grossi.
Pl. C, fig. 11 *c*. Le même, vu des crochets; la valve au trait est théorique.

CARDITA STABILEANA, de Loriol.

Pl. C, fig. 12.

DIMENSIONS :

Longueur	20mm
Largeur par rapport à la longueur	0.75
Épaisseur id.	0.55
Longueur du côté anal id.	0.70

Coquille plus large que longue, très-inéquilatérale, arrondie du côté buccal qui est court et un peu acuminé, fortement renflée, élargie et coupée un peu carrément du côté anal, ornée de côtes rayonnantes très-fines, très-nombreuses, très-serrées, arrondies, et de fines lamelles concentriques très-rapprochées et saillantes qui donnent aux côtes une apparence tuilée.

Rapports et différences. Cette espèce se distingue facilement par ses côtes très-nombreuses, très-serrées et le rapprochement extrême des lames concentriques; elle est assez voisine par sa forme de la *Cardita neocomiensis*, d'Orb.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Étage urgonien. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures

Pl. C, fig. 12 *a*. *Cardita Stabileana*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 12 *b*. Individu un peu grossi.
Pl. C, fig. 12 *c*. La même valve également grossie, vue du côté du crochet.
Pl. C, fig. 12 *d*. Fragment grossi.

TRIGONIA ORNATA, d'Orbigny.

Pl. C, fig. 14.

SYNONYMIE.

Trigonia ornata, d'Orb., 1843, Pal. fr., Terr. crét., t. III, p. 137, pl. 288, fig. 5—9.
Id. d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 78 et p. 106 (d'Orgon).
Id Pictet et Renevier, 1857, Pal. suisse, Foss. de l'étage aptien de la Perte-du-Rhône, p. 96, pl. 12, fig. 4 *a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :

Longueur . . . . . environ 30mm
Largeur 0,84
(L'extrémité anale étant un peu brisée, il peut y avoir quelque incertitude sur la longueur.)

Coquille oblongue, plus longue que large, inéquilatérale. Côté buccal très-court et arrondi, région anale rétrécie et anguleuse. Corselet séparé des flancs par une arête mousse et divisé par un léger sillon médian. La surface des valves est couverte de côtes concentriques, saillantes, assez écartées, un peu étagées, qui s'infléchissent sur la carène anale et se continuent sur le corselet. Des stries rayonnantes fines, mais profondes, partant du sommet des crochets, viennent couper un peu obliquement ces grosses côtes et les font paraître crénelées.

Rapports et différences. Je regarde cette espèce comme pouvant être rapportée avec certitude à la *Trig. ornata*, d'Orb., assez facile à distinguer par sa forme, la nature de ses côtes et

la structure de son corselet, des *T. Archiaciana*, d'Orb., et *T. divaricata*, d'Orb., qui en sont voisines. Les individus de l'aptien de la Perte-du-Rhône (Pict. et Renev., loc. cit., pl. XII, fig. 4) ont les côtes plus fortes et plus tuberculeuses que celui d'Essert. C'est une des rares espèces qui se retrouvent à la fois dans l'étage urgonien blanc à Orgon et au mont Salève.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 14. *Trigonia ornata*, d'Orb., de grandeur naturelle

ARCA CORNUELIANA, d'Orbigny.

Pl. C, fig. 15

SYNONYMIE

Arca Cornueliana, d'Orbigny, 1843, Pal. fr., Terr. crét., t. III, p. 205, pl. 311, fig. 1—
Id. d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. II, p. 80.
Id. Cotteau, 1853—57, Moll. foss. de l'Yonne, 1er fasc., p. 86.
Id. de Loriol, 1861, Invert. fossiles du néocomien moyen du Salève, p. 86, pl. 10, fig. 7.

DIMENSIONS

Longueur	[illegible]
Largeur par rapport à la longueur	[illegible]
Epaisseur id. approximative	[illegible]
Longueur du côté buccal par rapport à la longueur	[illegible]

Coquille allongée, assez large, très-inéquilatérale, renflée au milieu des flancs, ornée de lignes concentriques et de stries rayonnantes formant un treillis très-peu accusé. Côté buccal court, arrondi, rétréci. Région anale coupée un peu obliquement à l'extrémité, marquée de deux dépressions partant des crochets et très-obliques. Crochets peu saillants, rapprochés. Facette ligamentaire assez longue, étroite.

Rapports et différences. Voisine de l'*A. Robinaldina*, d'Orb., cette espèce s'en distingue par sa région anale à peine carénée et ses ornements beaucoup moins prononcés ; elle diffère de l'*Arca Raulini*, d'Orb., par sa région buccale moins étroite, sa

forme générale plus large, ses deux dépressions anales, de l'*A. Consobrina* par sa forme plus inéquilatérale et moins étroite, ainsi que par ses ornements un peu plus saillants.

Localité. Essert sur le Grand Salève. Collections Pictet, Favre. Se retrouve à Châtillon-de-Michaille (Ain) dans l'urgonien blanc; on la rencontre aussi au mont Salève dans le néocomien moyen.

Explication des figures.

Pl C, fig. 15 *b*. *Arca Cornueliana*, un peu grossie, variété plus étroite et plus arrondie à l'extrémité anale.

Pl C, fig. 15 *c*. Le même vu sur les crochets.

Pl C, fig. 15 *a*. Grandeur naturelle.

ARCA DUPINIANA, d'Orbigny.

SYNONYMIE.

Arca Dupiniana, d'Orbigny, 1843, Pal. fr., Terr. crét., t. III, p. 207, pl. 310, fig. 9, 10.
Id. d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. II, p. 80.
Id. Cotteau, 1853—57, Études sur les moll. foss. de l'Yonne, 1er fasc., p. 86.

DIMENSIONS :

Longueur	34mm
Largeur par rapport à la longueur	0,53
Épaisseur id. approximative, d'après une seule valve	0,53
Longueur du côté buccal par rapport à la longueur	0,29

Coquille étroite, allongée, très-inéquilatérale. Région buccale courte, arrondie, région anale beaucoup plus longue, assez renflée, pourvue d'une carène oblique très-saillante qui la partage en deux parties dont l'interne est ornée de 4 ou 5 grosses côtes rayonnantes, coupées de fines stries; le reste de la surface est couvert de côtes concentriques et de côtes rayonnantes fines et serrées qui se croisent en formant un treillis assez régulier. La carène anale est fortement crénelée dans les individus très-frais. Crochets assez saillants, écartés.

Rapports et différences. Voisine de l'*Arca securis*, d'Orb., cette espèce s'en distingue par sa région anale moins carrée, sa région buccale non anguleuse, sa carène anale plus oblique et encore plus saillante, ses côtes rayonnantes plus fines; elle dif-

fère de l'*A. Humbertina*, de L., par sa forme bien plus étroite, sa région anale très-oblique à l'extrémité, sa carène plus forte et plus oblique, son ensemble tout différent.

Localité. Essert sur le Grand Salève. Collection Pictet. Se retrouve dans l'urgonien blanc à Châtillon-de-Michaille (Ain).

ARCA MARULLENSIS, d'Orbigny.

SYNONYMIE.

Arca Marullensis, d'Orbigny, 1843, Pal. fr., Terr. cret., t. III, p. 205, pl. 310, [illegible] —
Id. d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. II, p. 80
Id. Cotteau, 1853—57, Mollusques foss. de l'Yonne, 1er fasc., p. [illegible]

DIMENSIONS

Longueur . . . . . [illegible]
Largeur par rapport à la longueur . . [illegible]
Épaisseur id. approximative, d'après une valve . [illegible]
Longueur du côté buccal par rapport à la longueur [illegible]

Coquille ovale, allongée, étroite, comprimée, inéquilatérale, un peu déprimée vers le milieu des flancs, ornée de fines côtes concentriques et rayonnantes assez régulières qui forment un treillis serré, peu visible sur l'individu d'Essert que j'ai sous les yeux. Région buccale très-courte, arrondie, région anale également arrondie, un peu anguleuse vers les crochets; ceux-ci sont peu saillants et peu écartés.

Rapports et différences. Cette espèce est extrêmement voisine de l'*A. Baudoniana*, Cotteau; elle paraît toutefois s'en distinguer par sa forme plus comprimée et ses côtes plus fines et plus régulières; il ne serait pas impossible que ces deux espèces dussent être réunies; l'*Arca Raulini*, d'Orb., est plus inequilatérale, sa région buccale est très-anguleuse.

Localité. Essert sur le Grand Salève. Collection Pictet. Se retrouve à Châtillon-de-Michaille (Ain) dans l'urgonien blanc.

ARCA ESSERTENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 17

DIMENSIONS.

Longueur	22mm
Largeur par rapport à la longueur	0,54
Épaisseur id.	0,63
Longueur du côté anal par rapport à la longueur	0,77
Longueur de la facette ligamentaire par rapport a la longueur	0,77

Coquille étroite, allongée, arrondie du côté buccal, la région anale beaucoup plus longue est incomplète à son extrémité, elle est marquée du côté de l'area ligamentaire de deux impressions longitudinales qui partent des crochets et dont l'interne est la plus profonde, elle porte en outre une carène prononcée qui circonscrit l'area; celle-ci est très-longue et surtout très-large. Bord palléal presque droit. Crochets très-saillants, fortement excavés, renflés, très-écartés. La surface des valves était lisse ou plutôt marquée de légères stries dont quelques traces sont restées sur l'exemplaire que j'ai sous les yeux, lequel a conservé son test. J'ai lieu de supposer, d'après un individu moins complet que je rapporte à cette espèce, qu'elle arrivait jusqu'à la taille de 30 millimètres, et qu'alors les crochets étaient un peu moins évidés, surtout du côté buccal.

Rapports et différences. Cette espèce, qui a des rapports de forme avec l'*Arca securis*, d'Orb. (Leym.), s'en distingue à première vue par ses crochets plus hauts, bien plus évidés et beaucoup plus écartés, son area ligamentaire bien plus large, sa région anale ne présentant point la carène aiguë caractéristique de l'*A. securis*.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Collection Favre. Très-rare.

Explication des figures

Pl. C, fig. 17 *b*. *Arca Essertensis*, un peu grossie
Pl. C, fig. 17 *c*. La même, vue sur les crochets.
Pl. C, fig. 17 *a*. Grandeur naturelle.

ARCA HUMBERTINA, de Loriol.

Pl. C, fig. 16.

DIMENSIONS :

Longueur	34mm
Largeur par rapport à la longueur	0,67
Épaisseur de la valve inférieure, par rapport à la longueur	0,42

Coquille allongée, très-inéquilatérale. Côté buccal un peu incomplet, probablement arrondi. Région anale très-allongée, séparée des flancs par un angle prononcé, peu aigu, oblique, partant des crochets et s'arrêtant au bord palléal. Extrémité anale large, tronquée obliquement. Crochets courts, carénés, assez écartés. Area ligamentaire large et allongée. Bord palléal peu arqué. La surface des valves est ornée de lignes rayonnantes et de stries concentriques très-nombreuses, profondes, mais fines et très-rapprochées, formant un petit treillis régulier. Quelques plis d'accroissement sont en outre plus fortement accusés et un peu lamelliformes. La région anale est en outre ornée de plusieurs grosses côtes longitudinales.

Rapports et différences. Cette espèce, voisine par sa forme de l'*Arca securis*, d'Orb., et de l'*A. carinata*, Sow., s'en distingue facilement par sa surface finement treillissée, sa carène anale beaucoup moins aiguë et son area ligamentaire beaucoup plus large. L'*A. Tocaymensis*, d'Orb., voisine également, en diffère aussi par ses stries formant un réseau beaucoup plus grossier, sa carène plus aiguë et plus oblique et son extrémité anale évidée au milieu.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 16 *a*. *Arca Humbertina*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 16 *b*. La même, vue sur les crochets.

MYTILUS DESORIANUS, de Loriol.

Pl. C, fig. 18, 19.

DIMENSIONS :

Longueur	26mm
Largeur par rapport à la longueur	0,54
Épaisseur id. (prise sur un moule intérieur)	0,40

Coquille oblongue, assez arquée, assez épaisse. Le côté buccal est très-court, arrondi; la région anale est amincie et très-dilatée à son extrémité; on remarque une forte dépression sur les flancs vers le bord palléal, sensible surtout dans les individus très-adultes. La surface des valves est ornée de petites côtes rayonnantes très-fines, très-écartées, partant des crochets et se continuant jusqu'à l'extrémité anale, et de petites stries transverses très-fines, très-nombreuses, sinueuses, qui s'interrompent en formant un angle aigu à chacune des côtes rayonnantes. Ces ornements disparaissent vers la région palléale qui se trouve marquée de forts plis d'accroissement. Région cardinale assez excavée, bordée par une petite carène longitudinale saillante, suivie en dehors d'une dépression parallèle.

Rapports et différences. Le *Mytilus divaricatus*, d'Orb., a des stries anguleuses comme notre espèce, celle-ci s'en distingue facilement par ces mêmes stries beaucoup plus fines et plus fréquemment brisées par des côtes rayonnantes qui ne paraissent point exister dans l'espèce sénonienne. Le *Mytilus textus*, Buv., du corallien a des ornements semblables, mais ils couvrent toute la surface du test; en outre la région palléale est beaucoup moins arquée, les flancs n'offrent aucune dépression, le bord cardinal est beaucoup plus droit et la région anale plus dilatée.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Collection Favre. Assez commun.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 18. *Mytilus Desorianus*, un peu grossi, vue du côte cardinal.

Pl. C, fig. 19 *b*. Individu un peu grossi dont la fig. 19 *a* indique la grandeur naturelle

MYTILUS SALEVENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 20 et 21.

DIMENSIONS :

Longueur	[illegible]
Largeur par rapport à la longueur	0 4[illegible]
Épaisseur id.	0 5[illegible]

Coquille allongée, droite, assez renflée et gibbeuse vers le milieu des flancs, amincie, arrondie et dilatée dans la région anale, ornée de côtes rayonnantes assez larges et écartées, saillantes, dichotomes à leur extrémité, plus fines et un peu divergentes du côté anal; elles disparaissent entièrement sur la région palléale, laquelle est sinueuse et simplement marquée de lignes d'accroissement. Le côté anal, régulièrement arrondi, ne forme pas un angle bien saillant avec le bord cardinal qui est droit.

Rapports et différences. Très-voisine du *Mytilus ornatissimus*, d'Orb., de l'étage cénomanien, cette espèce s'en distingue par son côté anal non évidé du côté cardinal, ses côtes rayonnantes bien plus fines et divergentes vers l'extrémité anale, sa région palléale lisse.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 20 *a*. *Mytilus Salevensis*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 20 *b*. Individu un peu grossi.
Pl. C, fig. 21. Autre individu, vu du côté cardinal, également grossi.

CAPROTINA LONSDALII, d'Orbigny.

Pl. C, fig. 22.

SYNONYMIE

Diceras Lonsdalii, Sow., 1836, in Fitton, Trans. Geol. Soc., 2e série, IV, pl 13 [illegible]
Caprotina Lonsdalii, d'Orb., 1842, Ann. des Sc. nat., p. 180
Requienia carinata, Matheron, 1842, Catal. foss. des Bouches du Rhône, p 104, pl [illegible] fig. 1—5.
Caprotina Lonsdalii, d'Orb., 1850, Prodrome, t. II, p. 109
Requienia Lonsdalii, d'Orb., 1850, Pal. fr., Terr. crét., t IV, p 248, pl. 576 et [illegible]

Cette espèce bien connue est rare au mont Salève. Je n'en connais que deux valves inférieures des couches de l'urgonien blanc au-dessus d'Essert; elle est un peu plus abondante au-dessus de Cruseille, mais toujours de petite taille. Elle se distingue facilement des autres Caprotines, et en particulier de la *Caprotina Ammonia*, d'Orb., par ses valves fortement carénées, la carène est même quelquefois lobée, une des valves inférieures d'Essert présente des traces évidentes de stries rayonnantes. Les crochets sont plus ou moins contournés et plus ou moins allongés.

La place des Caprotines dans l'ordre zoologique est encore incertaine; les raisons données par divers auteurs pour les séparer des Brachiopodes me paraissent sinon entièrement concluantes, du moins extrêmement probables; je les range donc à côté des Diceras, avec lesquels elles ont la plus grande analogie.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 22. Valve inférieure de grandeur naturelle, vue du côté du crochet, dessinée d'après un exemplaire de Cruseille de la collection Favre.

LIMA ORBIGNYANA, Matheron.

Pl. C, fig. 24.

SYNONYMIE.

Lima Orbignyana, Matheron, 1842, Catal. des fossiles des Bouches du Rhône, p. 182, pl. 29, fig. 3, 4.
Id. d'Orbigny, 1843, Pal. fr., Terr. cret., t. III, p. 530, pl. 415, fig. 1 à 4.
Id. d'Orbigny, 1850, Prodrome, t. II, p. 107.

DIMENSIONS :

Largeur	27mm
Longueur par rapport à la largeur	0,70
Épaisseur id.	0,37

Coquille ovale, assez large, très-excavée du côté buccal, assez épaisse, ornée de sillons rayonnants nombreux, étroits, ponctués, un peu ondulés, séparant des côtes assez larges, plates, régulières. Je n'ai pu dégager les oreillettes.

Rapports et différences. Les individus du Salève présentent

tous les caractères de la *Lima Orbignyana*, seulement ils sont en général d'une taille inférieure à celle du type. Cette espèce, voisine de la *Lima longa*, Rœmer, s'en distingue par son ensemble plus large, ses sillons plus étroits, ses côtes plus larges et son côté buccal plus excavé; ce dernier caractère la sépare nettement de la *Lima Varapensis*, de L. Cette dernière a en outre des oreillettes plus grandes et presque égales, des sillons beaucoup plus sinueux et des lamelles concentriques régulières et rapprochées.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Assez commune. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 24 *a*. *Lima Orbignyana*, de grandeur naturelle (cette figure n'est pas très-exacte).

Pl. C, fig. 24 *b*. Le même individu, vu de côté.

Pl. C, fig. 24 *c*. Portion de test grossi.

LIMA ESSERTENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 23.

DIMENSIONS :

Largeur	23mm
Longueur par rapport à la largeur	0,65
Angle apicial	72°

Coquille ovale, comprimée, régulièrement arrondie du côté anal, droite et à peine évidée du côté buccal, ornée de petites côtes rayonnantes fines, serrées, régulières, et de lames concentriques imbriquées, relevées sur leur bord, lequel est festonné par le passage des côtes. Oreillette anale petite, la buccale était probablement égale.

Un exemplaire très-incomplet permet de supposer que sa taille arrivait à une largeur de 33 millimètres.

Rapports et différences. Cette espèce, par ses ornements, rappelle beaucoup la *Lima tecta*, Goldfuss, de l'étage cénomanien; elle s'en distingue par ses côtes rayonnantes bien plus serrées et plus fines, non interrompues par les lames concentriques; celles-ci sont beaucoup plus rapprochées et plus imbriquées.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 23 *a*. *Lima Essertensis*, de grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 23 *b*. Le même individu, vu de côté.
Pl. C, fig. 23 *c*. Fragment grossi.

PECTEN URGONENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 25, 26.

DIMENSIONS :

(Moyennes.)

Largeur	28mm
Longueur par rapport à la largeur	0,79
Angle apicial sans les oreillettes	90°

Coquille ovale, transverse, très-aplatie. Valve inférieure ornée de 19 fortes côtes rayonnantes, un peu inégales, assez écartées au milieu, deux ou trois plus petites viennent s'intercaler sur les côtés. Toutes sont couvertes de fortes rides concentriques rapprochées, saillantes, devenant presque épineuses sur quelques-unes; les intervalles sont également ridés, mais plus légèrement. La valve supérieure porte également 19 grosses côtes rayonnantes, mais qui sont généralement plus fortes, plus arrondies que celles de l'autre valve, leurs intervalles sont plus étroits et plus creusés, et elles sont coupées par des lamelles concentriques très-rapprochées, très-nombreuses, plus fines dans les intervalles. Oreillettes grandes, ridées et costulées.

Rapports et différences. Cette espèce, que je ne trouve décrite nulle part, est bien voisine du *Pecten Carteronianus*, d'Orb., dont elle diffère par ses côtes constamment beaucoup moins nombreuses (19 au lieu de 30), ce que j'ai pu vérifier sur plusieurs exemplaires bien conservés. Le *P. Archiacianus*, d'Orb., a les côtes beaucoup moins régulières.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Commun. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 25. Valve superieure du *Pecten Urgonensis*, de grandeur naturelle
Pl. C, fig. 26 *a*. Valve inférieure de la même espèce.
Pl. C, fig. 26 *b*. Fragment grossi

JANIRA MATHERONIANA, de Loriol.

Pl. C, fig. 27.

DIMENSIONS :

(Valve inférieure.)

Largeur	[illegible]
Longueur par rapport à la largeur	[illegible]
Épaisseur id.	[illegible]

Coquille trigone, bien plus large que longue. Valve inférieure convexe, ornée de six côtes principales égales, assez saillantes, et d'environ 12 autres un peu plus petites, placées assez irrégulièrement entre les grosses. Les intervalles qui les séparent sont larges, plats, mais presque point excavés. On remarque une area lisse de chaque côté du crochet lequel est relativement peu contourné. Oreillettes paraissant égales. Valve supérieure inconnue.

Rapports et différences. Je ne connais qu'une seule valve inférieure de cette espèce, et il peut paraître téméraire de créer avec si peu de documents une espèce nouvelle, dans un genre où la plupart sont si voisines. Toutefois il est un caractère qui à première vue sépare cette Janira des *J. atava*, Rœm., et *neocomiensis*, d'Orb., c'est la beaucoup plus grande inégalité des côtes, les intermédiaires sont relativement plus fortes et les principales plus faibles (le dessin ne rend pas tout à fait cette disposition), celles-ci laissant entre elles des intervalles presque superficiels, *à peine excavés*. La *J. Morrisii*, Pictet et Renevier, ressemble davantage à notre espèce, mais ses côtes sont plus inégales et les intervalles plus creusés ; elle est aussi proportionnellement plus longue. De nouveaux matériaux, la connaissance surtout de la valve supérieure, permettront, je l'espère, de compléter plus tard ces observations. Il est probable que la Janira citée à Orgon par M. Matheron (Catalogue, p. 181) sous le nom de *Pecten versicostatus*, Lk., rapportée par d'Orbigny à la *J. atava*, n'est autre que celle-ci.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 27 *a*. *Janira Urgonensis*, valve inférieure de grandeur naturelle. (La figure a été renversée.)

Pl. C, fig. 27 *b*. La même, vue du côte.

TEREBRATULA SALEVENSIS, de Loriol.

SYNONYMIE.

Terebratula Salevensis, de Loriol, 1862, Invertébrés fossiles du néocomien du Salève, p. 118, pl. 15, fig. 11—16.

J'ai sous les yeux un seul exemplaire de cette espèce, trouvé dans l'urgonien blanc du mont Salève, au-dessus du village d'Essert; il fait partie de la collection de M. Favre. Une comparaison exacte avec de nombreux exemplaires de cette espèce du néocomien moyen du Salève m'a permis de m'assurer de sa parfaite identité. Cette Térébratule, sur laquelle je n'ai pas à revenir, aurait donc eu son maximum de développement dans l'étage néocomien moyen et viendrait s'éteindre dans l'urgonien blanc où elle est fort rare. Je n'en connais aucun individu de l'urgonien jaune.

TEREBRATULA ACUTA, Quenstedt.

SYNONYMIE.

Terebratula prælonga, d'Orb., 1847, Pal. fr., Terr. cret., t. IV, p. 75, pl. 506, fig. 1—7 (non *T. prælonga*, Sow.).

Terebratula acuta, Quenstedt, 1851, Handbuch, p. 473, pl. 38, fig. 2.

Id. de Loriol, 1862, Invertébrés foss. du néocomien du Salève, p. 115, pl. 15, fig. 1—10

(Voir dans l'ouvrage ci-dessus la synonymie detaillée.)

VARIETAS URGONENSIS

DIMENSIONS.

Longueur		de 10 à 14mm
Largeur par rapport à la longueur	moyenne	0,94
Epaisseur id.	id.	0,54
Angle apicial		de 65 à 83°

Au premier abord, cette jolie Térébratule paraît fort différente de la *T. acuta*, et je l'ai moi-même considérée assez longtemps comme une espèce nouvelle. La découverte d'exemplaires qui offraient des passages évidents, est venue modifier ma manière de voir, et je l'envisage maintenant comme se rattachant à cette dernière espèce dont elle forme toutefois une variété tranchée, caractérisée par sa taille constamment plus petite, son angle apicial presque toujours plus ouvert, sa forme plus élargie; la plus grande largeur se trouvait presque toujours vers le milieu de la longueur. Du reste, même forme du crochet qui est constamment très-droit, et du deltidium, également bordé de deux bourrelets. Un seul caractère m'a laissé quelques doutes, la perforation du test est constamment différente sur les nombreux exemplaires que j'ai pu examiner, elle est beaucoup plus grossière, les points sont beaucoup plus éloignés et se voient presque à l'œil nu, tandis que ceux de la *T. acuta* sont très-fins, très-nombreux et ne se distinguent qu'avec l'aide d'une forte loupe. Faut-il ne voir dans ce fait qu'un seul accident de fossilisation? Cela ne me paraît pas bien assuré. D'un autre côté, je ne pouvais établir une espèce sur un seul caractère distinctif, généralement regardé comme mauvais et très-incertain. Il me semble qu'on est allé un peu loin à cet égard, car si les cæcums, qui partent du manteau et s'engagent dans les perforations, sont des organes importants servant à la respiration, il peut très-bien se faire qu'ils puissent être autrement disposés suivant les espèces, aussi bien qu'ils le sont suivant certaines sections du genre. Dans tous les cas, c'est un caractère d'une observation toujours difficile, car il est certain que les perforations présentent une apparence différente suivant les diverses couches du test dans lesquelles on les étudie. Ceci a toutefois des limites.

Localité. Grand Salève, au-dessus d'Essert. Étage urgonien. Très-commune. Se retrouve dans l'urgonien jaune au Mauremont avec une perforation identique.

TEREBRATULA RUSSILLENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 28—31.

DIMENSIONS :

Longueur maximum (exemplaire de la Russille)		23mm
Longueur du plus grand exemplaire du Salève		14
Largeur par rapport à la longueur	moyenne	0,73
Épaisseur id	id.	0,66
Angle apicial	id.	68°

Coquille subpentagonale, toujours bien plus longue que large, épaisse. Grande valve plus bombée que l'autre, tantôt lisse, tantôt pourvue d'un pli médian faible, bordé de deux dépressions et de deux plis externes, un de chaque côté, plus ou moins saillants ; on peut observer des passages graduels entre ces diverses modifications. Crochet très-gros, très-renflé, très-recourbé. Foramen toujours très-largement ouvert, même chez les jeunes individus. Deltidium rudimentaire, entièrement invisible dans les individus bien adultes, où le foramen est énorme et le crochet extrêmement recourbé. Petite valve lisse ou pourvue soit d'un gros pli médian avec deux dépressions latérales soit de deux plis tout à fait marginaux, séparés par un sillon court et profond et accompagnés de chaque côté par une dépression latérale. Crochet toujours fortement engagé sous celui de la grande valve. Commissure latérale des valves sinueuse. Bord frontal plus ou moins sinueux. Les exemplaires très-frais et très-adultes, dont la couche supérieure du test est parfaitement intacte, présentent sur les deux valves de nombreuses stries longitudinales, très-fines, très-rapprochées, plus fortes dans la région palléale. On en voit des traces au bord frontal sur presque tous les individus.

Rapports et différences. Cette espèce se distingue facilement de la *T. Salevensis*, de Loriol, ainsi que de certaines variétés de la *T. Dutempleana*, d'Orb., dont elle peut être rapprochée, par son crochet très-renflé et fortement recourbé et son foramen toujours proportionnellement très-grand, envahissant entièrement le deltidium dans les adultes. Les stries rayonnantes qu'on voit dans les bons exemplaires peuvent encore servir de carac-

tère distinctif. La *T. acuta*, Quenstedt, s'en éloigne entièrement par la forme de son crochet.

Localité. Cette Térébratule se rencontre rarement au Salève, au-dessus d'Essert, dans l'urgonien blanc (collection Favre); elle atteint son maximum de développement dans l'urgonien jaune; on la trouve fréquemment à la Russille, au Mormont (canton de Vaud), ainsi qu'à Morteau (Doubs), où elle a été recueillie par M. Jaccard.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 28 *a, b, c.* *T. Russillensis*, adulte et typique, de la Russille, dessinée en grandeur naturelle. Ma collection.

Pl. C, fig. 28 *d.* Fragment grossi, montrant les stries longitudinales au bord de la commissure latérale des valves.

Pl. C, fig. 29 *a, b, c.* Autre individu de la même espèce de la Russille. Ma collection.

Pl. C, fig. 30 *a, b, c.* Jeune individu.

Pl. C, fig. 31 *a, b, c.* Individu de grandeur naturelle de l'urgonien du Salève (collection Favre.

RHYNCHONELLA DEPRESSA, Sowerby.

Pl. C, fig. 32—34.

SYNONYMIE.

Terebratula depressa, Sow., 1825, Min. Conch., pl. 502

Id. de Buch, 1838, Mem. Soc. Géol. de France, t. III, p. 157, pl. 1[illegible], fig. 6.

Id. Davidson, 1854, Mem. Brit. Paleont. Soc., Brit. cret. Brach., p. 89, pl. 11, fig. 28—32, pl. 12, fig. 26

(*N. B.* La *Rhynchonella depressa*, d'Orb., Pal. fr., Terr. crét., t. IV, pl. 491, fig. 1[illegible] n'est pas l'espèce de Sowerby, mais la *Rhynchonella multiformis*, Roemer

DIMENSIONS :

Longueur		de 10 à 16[illegible]
Largeur par rapport à la longueur		de 0,93 à 1,00
Epaisseur id	moyenne	[illegible]
Angle apicial		de 80 à 8[illegible]

(*N. B.* L'espèce atteint une plus grande taille dans l'urgonien jaune.)

Coquille triangulaire, plus ou moins épaisse, généralement aplatie et plus ou moins large; la majorité des individus sont

aussi larges que longs, d'autres sont un peu moins larges, d'autres un peu plus. Grande valve un peu moins bombée que l'autre, présentant ordinairement au milieu une large dépression, jamais très-profonde. Crochet ordinairement court, droit, quelquefois un peu recourbé à l'extrémité, présentant de chaque côté du foramen un méplat très-prononcé et entièrement lisse. Foramen proportionnellement très-ouvert, occupant la presque totalité du deltidium qui se relève tout autour en forme de prolongement tubulaire. Petite valve plus ou moins relevée au milieu par le sinus de la grande valve, mais toujours faiblement. Commissure latérale des valves légèrement sinueuse. Bord frontal n'offrant qu'une simple sinuosité médiane, toujours très-large et relativement faible. Les deux valves sont ornées de 25 à 32 côtes rayonnantes fines, peu saillantes, très-égales; les individus très-frais paraissent en outre couverts de stries d'accroissement très-fines et très-rapprochées qui rendent la surface un peu rugueuse.

Rapports et différences. Cette espèce, très-abondante dans l'urgonien blanc du Salève et dans l'urgonien jaune inférieur des diverses localités du pied du Jura, me paraît absolument identique au type de la *Rh. depressa*, Sow., de l'*upper green sand* d'Angleterre, clairement définie et parfaitement figurée dans l'ouvrage classique de M. Davidson; il m'est impossible de trouver la moindre différence, même crochet particulièrement droit, même grand foramen un peu tubulaire, même disposition des côtes, valves également plissées, tout est identique jusqu'aux stries concentriques, très-bien marquées sur les bons exemplaires de l'urgonien jaune. Ces caractères séparent facilement cette espèce des *Rh. multiformis*, Rœmer, et *Gibbsiana*, Sow. Le crochet dans ces deux espèces est très-recourbé et le foramen très-petit, les côtes de la dernière sont assez semblables, celles de la *Rh. multiformis* sont ordinairement plus aiguës et les plis des valves plus fortement accusés.

Localité. Très-abondante dans l'urgonien blanc au mont Salève, au-dessus du village d'Essert; elle a continué à se multiplier beaucoup dans l'urgonien jaune où elle atteint une plus grande taille; elle se trouve parfaitement conservée à la Russille, au Mauremont (canton de Vaud) et à Morteau (Doubs).

Explication des figures.

Pl. C, fig. 32 *a, b, c.* *Rhynchonella depressa*, de grandeur naturelle, individu de la Russille. Ma collection.
Pl. C, fig. 32 *d.* Fragment de la même, grossi, montrant les stries concentriques.
Pl. C, fig. 33 *a, b, c.* Autre individu de la Russille.
Pl. C, fig. 34 *d.* Région cardinale du même, grossie.
Pl. C, fig. 34 *a, b, c.* Individu de l'urgonien blanc du Salève. Collection Favre.

RHYNCHONELLA, spec.

J'ai pu constater dans l'urgonien blanc du mont Salève, au-dessus du village d'Essert, la présence d'une grosse espèce de Rhynchonella, très-voisine de la *Rh. Renauxiana*, d'Orb.; je n'en connais toutefois que la grande valve dont il n'a encore été trouvé que quelques exemplaires peu complets, le crochet me paraît plus droit et plus long que dans cette espèce, il est en outre pourvu de chaque côté sur la face cardinale d'un méplat lisse, bien plus étendu. Les côtes paraissent identiques. Des matériaux plus complets sont nécessaires pour déterminer exactement cette espèce.

NUCLEOLITES ROBERTI, A. Gras.

SYNONYMIE

Nucleolites Roberti, A. Gras, 1848, Oursins de l'Isère, p. 48, pl. 5, fig. 10 et 11.
Echinobrissus Roberti, d'Orbigny, 1855, Pal. fr., Terr. cret., t. VI, p. 307, pl. [illegible] fig. 1—6.
Nucleolites Roberti, Desor, 1858, Synopsis des Échin. foss., p. 258, pl. 30, fig. 1—[illegible]

DIMENSIONS

(Du seul exemplaire du Salève.)

Longueur	[illegible]
Largeur	[illegible]
Hauteur	[illegible]

Petite espèce ovale, un peu rétrécie en avant, arrondie et élargie en arrière. Face supérieure fortement déclive du côté

postérieur, renflée en avant. Face inférieure pulvinée, légèrement déprimée autour du péristome. Sommet ambulacraire très-excentrique en avant. Ambulacres bien développés, les postérieurs notablement plus allongés que les autres. Zones porifères étroites. Pores non conjugués. Périprocte allongé placé à la face supérieure dans un sillon assez profond, mais n'arrivant point jusqu'au bord. Péristome moins excentrique que le sommet apicial. Tubercules peu visibles sur l'individu du Salève; ils sont gros, scrobiculés, également distribués sur la surface du test.

Rapports et différences. Par sa forme élargie en arrière, sa face supérieure fortement déclive du côté postérieur et son périprocte entièrement supérieur, dont le sillon se termine loin du bord, cette espèce se distingue facilement des autres Nucléolites crétacés.

Localité. Essert sur Salève. Rare. Collection Favre.

PELTASTES COTTALDINUS, de Loriol.

Pl. C, fig. 40.

DIMENSIONS :

Diamètre	14mm
Hauteur par rapport au diamètre	0,50

Espèce petite et déprimée, très-aplatie et comme enfoncée au centre en-dessus, légèrement concave en-dessous. Zones porifères un peu flexueuses, surtout aux approches du sommet. Pores se dédoublant un peu autour du péristome. Aires ambulacraires s'élargissant vers la face inférieure, pourvues de deux rangées de 15 à 18 granules assez gros, serrés, diminuant beaucoup de grosseur en approchant du sommet. Entre les deux rangées se trouvent quelques granules beaucoup plus petits. Les aires interambulacraires sont larges, elles portent deux rangées de quatre tubercules rapprochés, crénelés, largement scrobiculés, devenant subitement très-petits à la face inférieure, entourés d'un cercle de gros granules qui se touchent, de sorte que la zone miliaire est presque nulle. Péristome presque aussi grand que l'apareil apicial, ayant les 48 centièmes du diamètre

de l'oursin, enfoncé, à peine entaillé. Périprocte allongé transversalement. Appareil apicial circulaire, très-petit, ayant les 50 centièmes du diamètre total, très-peu dentelé sur les bords, entièrement lisse, déprimé, le périprocte fait seul une légère saillie. Sutures des plaques, droites, simples, marquées seulement de quelques petits points enfoncés.

Rapports et différences. Cette espèce se distingue facilement des autres Peltastes par son appareil apicial petit, point découpé et remarquablement déprimé; en outre les tubercules interambulacraires sont plus largement scrobiculés, et la zone miliaire est moins développée que dans aucune autre. Ces caractères serviront surtout à distinguer ce Peltastes du *P. Meyeri* qui est celui qui paraît s'en rapprocher le plus.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Très-rare. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 10 *a, b, c. Peltastes Cottaldinus*, un peu grossi.

GONIOPYGUS PELTATUS, Agassiz.

SYNONYMIE

Salenia peltata, Ag., 1826, Mem. Soc. des Sciences nat. neuch., t. I, p. 140, pl. [illegible], fig. 13—15.
Goniopygus peltatus, Ag., 1838, Monog. Salenies, p. 20, pl. 3, fig. 9—18.
Goniopygus intricatus, Ag., 1838, Monog. Salenies., p. 21, pl. 3, fig. 19—28.
Goniopygus peltatus, Desor, 1856, Synopsis, p. 94, pl. 14, fig. 3—7.
Id. Cotteau, 1860, Échinides fossiles de l'Yonne, t. II, p. 48, pl. [illegible], fig. 11—14.
Id. Cotteau, 1865, Pal. fr., Terr. cret., t. VII, p. 721, pl. 117.

N. B. On trouvera dans ce dernier ouvrage la synonymie complète de cette espèce.

Il n'a encore été trouvé au Salève qu'un exemplaire du *Goniopygus peltatus*; il n'est pas en très-bon état de conservation, mais il est toutefois suffisamment reconnaissable. Il appartient à une variété de petite taille et un peu aplatie.

Localité. Essert sous Salève. Collection Favre.

PSAMMECHINUS SALEVENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 39.

Cet oursin ne m'est encore connu que par un fragment, je n'ai pas cru devoir toutefois le passer sous silence, car il est assez bien conservé pour qu'il soit possible de le déterminer. Son diamètre pouvait être de 30 à 35 millimètres au moins; la partie supérieure n'est pas conservée. Les pores sont nettement disposés par triples paires obliques, séparées par de petits granules. On compte deux rangées de tubercules principaux dans les aires ambulacraires aux approches du péristome, il y en avait probablement deux ou trois rangées secondaires à l'ambitus. Les aires interambulacraires portent dix rangées à la face inférieure, chaque plaque ayant cinq tubercules, ils diminuent de nombre en approchant du sommet. Sutures longitudinales des plaques nettement marquées. Tubercules lisses, imperforés et presque uniformes. Granules nombreux et irrégulièrement disposés.

Rapports et différences. Cette espèce ne peut appartenir qu'au genre Psammechinus, son péristome est trop petit et trop peu entaillé pour qu'on puisse la rattacher au genre *Stomechinus*. Elle se distingue de toutes ses congénères des terrains crétacés par la multiplicité de ses tubercules interambulacraires.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 39 *a*. Fragment du *Ps. Salevensis*, de grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 39 *b*. Le même, grossi

CODECHINUS, spec.

Un fragment d'oursin, formant probablement la partie supérieure d'un Codechinus, a été recueilli à Essert dans l'étage urgonien; il est trop incomplet pour qu'il soit possible de le décrire et même de le déterminer avec certitude. Il était voisin du *Codechinus rotundus*, A. Gras. L'appareil génital paraît avoir

été formé d'un anneau étroit. Cinq plaques interambulacraires seulement sont visibles, les quatre premières portent chacune un gros tubercule au milieu, entouré de nombreux granules épars, la cinquième en porte deux. Le milieu des aires est assez enfoncé, les sutures des plaques interambulacraires sont fortement impressionnées. Pores disposés par triples paires formant des rangées très-indistinctes. Deux rangées de tubercules ambulacraires persistaient jusqu'au sommet. Tels sont les seuls caractères appréciables; peut-être de nouvelles découvertes permettront-elles de décrire plus tard d'une manière complète cet intéressant oursin.

CIDARIS CATENIFERA, Agassiz.

SYNONYMIE.

Cidaris Catenifera, Agassiz, 1840, Échinides suisses, partie 2, p. 79, pl. 16 *a*, fig. 2.
Id. Agassiz et Desor, 1847, Catalogue raisonné, p. 26.
Id. Desor, 1858, Synopsis, p. 35, pl. 6, fig. 14.
Id. Dujardin et Hupe, 1862, Hist. nat. des Échinodermes, suites à Buffon, p. 480.

C'est d'après l'autorité de M. Desor que je cite ici cette espèce. Je trouve, en effet, dans la collection de M. Favre un radiole de l'urgonien du Salève, étiqueté sous ce nom par le savant professeur de Neuchâtel, il ajoute que cet exemplaire servira à fixer le gisement de l'espèce. Il n'est pas assez bien conservé pour qu'il y ait quelque utilité à le faire figurer. Sa forme est allongée, presque cylindrique, et sur la partie de la surface, qui est intacte, on aperçoit des rangées longitudinales de granules ressemblant en effet parfaitement à ceux des figures du *Cid. Catenifera*. Aucun nouvel exemplaire de cette espèce n'a encore été retrouvé au Salève.

CIDARIS HETERACANTHA, A. Gras.

Pl. C, fig. 35—38.

SYNONYMIE.

Cidaris heteracantha, A. Gras, 1848, Oursins de l'Isère, p. 24, pl. 3, fig. 4—9.
Id. Desor, 1858, Synopsis des Échin. foss., p. 32, pl. 5, fig. 11.

Cidaris heteracantha, Cotteau, 1861, Pal. fr., Terr. cret., t. VII, p. 215, pl. 1016, fig. 23—26.

Id. Dujardin et Hupe, 1862, Hist. nat. des Échinod., suites à Buffon, p. 179.

Radioles de forme et de taille variables, de 10 à 18 millimètres de longueur, offrant tous les passages depuis la forme allongée et subfusiforme jusqu'à la forme ovoïde et renflée. La surface est couverte de granules parfois épars, le plus souvent disposés en rangées longitudinales assez régulières, presque toujours plus saillants et plus apparents sur l'une des faces et formant au sommet une petite couronne. En général, les radioles allongés ont leurs granules plus régulièrement disposés en rangées, ils sont de grosseur plus égale que ceux de forme ovoïde. Les granules se prolongent presque jusqu'à l'extrémité de la tige, la collerette est très-courte, le bouton étroit et saillant; je n'ai pu voir si la facette articulaire est lisse ou crénelée.

Rapports et différences. Le *Cidaris heteracantha* n'avait pas été figuré dans l'ouvrage d'Albin Gras avec toute la perfection désirable, et il était assez difficile de bien reconnaître l'espèce. M. Cotteau, dans la Paléontologie française, en a donné une description et des figures très-parfaites qui permettent de saisir tous les passages unissant les radioles de forme allongée à ceux de forme ovoïde. Les nombreux exemplaires trouvés au Salève me paraissent appartenir certainement à cette espèce, et M. Cotteau, à qui je les ai soumis, a confirmé ma détermination; elle diffère des autres par ses granules presque toujours plus saillants sur une face que sur une autre et formant une couronne au sommet. Les radioles de l'*Hemicidaris clunifera*, fréquents dans le même étage, sont couverts de granules beaucoup plus fins et réguliers; quoique un peu plus prononcés au sommet, ils n'y forment jamais de couronne. Parmi un très-grand nombre d'exemplaires de l'*Hemicidaris clunifera* que j'ai devant les yeux, soit du département de l'Yonne, soit de l'urgonien jaune de la Suisse, aucun ne m'offre cette forme courte et ovoïde qui semble prédominer parmi les exemplaires du *Cid. heteracantha* provenant de l'urgonien blanc du Salève; ceux de l'urgonien blanc d'Orgon, figurés dans la pl. 1090 de la Paléontologie française, ont plus de rapports, ils paraissent toutefois en différer constamment par leurs granules d'égale grosseur et leur facette articulaire crénelée.

L'*Hemicidaris clunifera* ne se trouve pas au Salève, quoique il soit fréquemment indiqué comme ayant été recueilli dans l'urgonien de cette montagne, ces citations doivent être rapportées au *Cidaris heteracantha*. J'ai quelques raisons de croire que le *Cidaris cornifera* de M. Agassiz doit être rattaché à cette dernière espèce, et que ce nom-là devrait avoir la priorité; je n'ai pas toutefois les matériaux nécessaires pour trancher la question.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Très-abondant.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 35 *a*. Radiole du *Cidaris heteracantha*, de grandeur naturelle fusiforme ovoïde. Collection Favre.
Pl. C, fig. 35 *b*. Le même grossi.
Pl. C, fig. 36 *a*. Autre radiole de la même espèce, fusiforme, grandeur naturelle. Collection Favre.
Pl. C, fig. 36 *b*. Le même grossi.
Pl. C, fig. 37 *a*. Autre individu ovoïde, incomplet, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 37 *b*, *c*. Le même grossi.
Pl. C, fig. 38 *a*. Autre radiole de la même espèce, incomplet, de grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 38 *b*. Le même grossi.

Discœlia annulosa, de Loriol.

Pl. C, fig. 41

DIMENSIONS :

Hauteur d'un spongite		12
Diamètre	maximum	?
Diamètre du tubule		-

Deux seuls spongites de cette espèce ont été trouvés jusqu'ici, mais leur forme et la nature de leur base me font conjecturer avec une certitude presque complète qu'ils appartiennent à une Discœlia d'une espèce très-distincte. Ces spongites étaient libres dans une grande étendue, régulièrement coniques, très-étroits à leur base, pourvus de petits renflements circulaires en forme d'anneau, séparés par des dépressions plus étroites. Sommet tronqué et plat. Tubule étroit, légèrement saillant à son orifice. Parenchyme grenu et très-poreux.

Je ne connais aucune espèce dont celle-ci puisse être rapprochée.

Localité. Essert sur le Grand Salève. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 41 *a*. Spongite de la *Discœlia annulosa*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 41 *b*. Le même grossi.
Pl. C, fig. 41 *c*. Sommet du même, grossi.

DISCŒLIA ESSERTENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 42.

DIMENSIONS

Hauteur des spongites	12mm
Diamètre id.	3 1/2
Diamètre du tubule	3/4

Spongier en buisson lâche. Spongites très-allongés, libres dans toute leur étendue, cylindriques, tronqués à leur extrémité. Tubule très-petit. Parenchyme lâche, très-poreux.

Rapports et différences. Voisine de la *Discœlia ramosa*, (Rœm.) E. de From., cette espèce me paraît s'en distinguer par le diamètre plus petit de son tubule et de ses spongites lesquels sont particulièrement tronqués et non coniques.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Collection Favre. Je n'en connais encore qu'un seul exemplaire.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 42 *a*. *Discœlia Essertensis*, grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 42 *b*. Le même grossi.
Pl. C, fig. 42 *c*. Sommet du même, grossi.

GENRE CUPULOCHONIA, E. de Fromentel.

CUPULOCHONIA URGONENSIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 43, 44.

DIMENSIONS :

Hauteur totale du spongier	17 mm
Épaisseur des parois à l'orifice de la coupe	1 mm
Diamètre de l'ouverture de la coupe	de 7 à 12

Spongier en forme de coupe, élargie à son orifice, mais peu profonde, arrondie ou irrégulière, souvent assez allongée, rétrécie en pédoncule, celui-ci est court dans les exemplaires bien adultes, plus allongé dans le jeune âge. Parois minces. Parenchyme fin. Forme générale souvent très-irrégulière, gibbeuse.

Rapports et différences. La *Cupulochonia angusta*, de Loriol, voisine de cette espèce, s'en distingue facilement par sa coupe beaucoup plus profonde et cylindrique, par sa base non rétrécie en pédoncule, ses parois beaucoup plus épaisses, son parenchyme moins serré. Je ne connais pas d'autre Cupulochonia qui puisse en être rapprochée.

Localité. Essert sur le Grand Salève. Collection Favre. Commune.

Explication des figures

Pl. C, fig. 43. *Cupulochonia Urgonensis*, individu bien adulte, de grandeur [illegible]

Pl. C, fig. 44 *a*. Autre individu, plus jeune, de grandeur naturelle.

Pl. C, fig. 44 *b*. Le même, vue en-dessus.

GENRE DISCHONIA, E. de Fromentel.

DISCHONIA BREVIS, de Loriol.

Pl. C, fig. 45.

DIMENSIONS :

Diamètre d'un spongite adulte	13mm
Épaisseur du bord	3

Spongier formant un ensemble peu étendu, composé de spongites courts, épais, en forme de coupe assez étroite et peu profonde, soudés les uns aux autres sur une grande étendue. Bords très-épais. Parenchyme vermicellé. Dans le seul exemplaire connu, il n'y a que trois spongites, l'un adulte, les deux autres imparfaitement développés, plus petits et intimement soudés au premier; leur base commune paraît avoir été assez rétrécie.

Cette espèce est entièrement distincte de la *Dischonia Salevensis* par tous ses caractères.

Localité. Grand Salève, au-dessus du village d'Essert. Collection Favre.

Explication des figures.

Pl. C, fig. 45 *a*. *Dischonia brevis*, de grandeur naturelle.
Pl. C, fig. 45 *b*. Sommet du même individu.

CHAPITRE XIV

LES BORNES

Limites. Blocs erratiques. Point culminant, § 251. — Viaison. Fossiles végétaux et animaux, 252. — La Faulaz. La Roche. Mollasse tuberculeuse, 253. — Thorens. Mine de charbon. MM. Sismonda et Elie de Beaumont. M. Heer, 254. — Disposition des couches, 255.

§ 251. — Ce district est limité au N.-O. par le mont Salève, au N.-E. par la plaine de diluvium et d'alluvion de la vallée de l'Arve, au S.-E. par les premières grandes montagnes calcaires de la chaîne des Alpes, qui sont vulgairement connues sous le nom de Bornand, et enfin au S.-O. je le regarde comme se terminant à la grande route de Cruseilles à Annecy.

Les collines des Bornes ont des formes arrondies et sont entièrement composées de mollasse, recouverte de quelques lambeaux de diluvium et de blocs erratiques. Ces derniers, dont quelques-uns étaient fort remarquables par leur taille, ont été activement exploités et leur nombre a rapidement diminué dans ces dernières années. Ils sont le sujet de quelques légendes (§ 142) qui ont la valeur de celle du clou trouvé dans une pierre à Villefranche [1], et de celle qui nous apprend que les blocs de l'hermitage de Ste-Verène, près de Soleure, ont été lancés par le diable sur l'habitant de ce lieu retiré. Ayant déjà parlé des blocs des collines des Bornes, soit à l'occasion du terrain erratique de la val-

[1] De Saussure, *Voyages*, § 1427.

lée de l'Arve (§ 141), soit dans le chapitre relatif au mont Salève (§ 237), je ne m'arrêterai point sur ce sujet.

Le point le plus élevé des collines est près du Gros-Fayard, à 1164 mètres au-dessus du niveau de la mer. La mollasse est un grès marneux plus ou moins micacé, qui présente quelques variations dans sa dureté. Du côté du Salève les couches sont dirigées du N. 20 à 25° E. au S. 20 à 25° O. ; elles sont redressées contre cette montagne sur presque toute la largeur des Bornes avec des inclinaisons variables.

§ 252. — J'ai parcouru le lit du torrent du **Viaison** qui coule près de Mornex, j'ai même mesuré l'épaisseur de toutes les couches de mollasse qui viennent y affleurer ; mais cette coupe détaillée ne m'a pas fourni de renseignements importants ; je n'ai trouvé ni gypse, ni lignite, ni calcaire d'eau douce, ni fossiles, excepté quelques traces de végétaux carbonisés. Il semble que la partie inférieure de cette formation est occupée par la mollasse rouge et la partie supérieure par la mollasse grise ; mais les deux teintes qui distinguent ces roches sont très-variables. Souvent les marnes et les argiles de la mollasse se confondent avec les glaises du terrain glaciaire, qui sont abondantes dans cette région ; mais la présence des cailloux striés facilite la distinction de ces deux dépôts.

A la base de cette formation on voit, comme je l'ai dit (§ 233), le grès marin et le poudingue s'appuyant sur le terrain urgonien. Les mollasses dures de **Mornex**, qui les surmontent, présentent une forte inclinaison, quoiqu'elles soient moins redressées que celles des environs de La Mure. Cette différence est, sans aucun doute, le résultat d'un dérangement dans leur position primitive ; elles appartiennent à la mollasse rouge de l'étage aquitanien d'après

les recherches de M. le professeur Heer sur les végétaux fossiles (§ 235).

A l'exception d'un ossement de mammifère (§ 235), on ne connaît pas de débris d'animaux dans ces mollasses qui paraissent être d'eau douce, ainsi que celles des collines des Bornes tout entières. Les seuls fossiles qu'on ait trouvés dans ces dernières sont des *Helix Ramondi*, vues par M. l'abbé Vallet à Villy-le-Pelloux[1], entre Cruseilles et le Plot. M. de Mortillet a aussi indiqué quelques êtres organisés des mollasses de la Savoie, recueillis dans des localités que je n'ai pas à décrire[2]; le nagelflue, tel qu'on le connaît en Suisse, manque complétement.

§ 253. — **A la Faulaz**, à trois quarts d'heure du Sapey, se trouve une grande carrière de mollasse grise, micacée, avec des traces assez nombreuses de lignite et des bancs qui contiennent des cailloux; les couches sont redressées de 25° contre le Salève. On voit dans ces mollasses des espèces de capsules provenant de matières ferrugineuses qui sont renfermées dans les grès. Elles sont formées, je pense, par une pyrite de fer qui se décompose et qui passe à l'état de sulfate. Celui-ci produit du sulfate de chaux avec le calcaire de la mollasse; l'oxyde de fer se dépose et consolide la roche dans une certaine étendue autour de la pyrite, puis cette capsule se détache lorsque la roche se désagrége.

Plus à l'E. le long du **Foron d'Arbusigny**, la mollasse est en couches légèrement relevées contre le Salève. Sur la rive droite de ce torrent elle présente une teinte grise et elle est recouverte de mollasse rougeâtre avec des mar-

[1] M. Pillet, *Environs d'Aix*, p. 67. Il se pourrait que ces fossiles aient été ramassés au même endroit que ceux de M. Vallet.

[2] *Min. et géol.*, § 241.

nes œillées contenant des plaques de calcaire; le tout est surmonté par un diluvium de plus de 100 pieds d'épaisseur. Plus loin, à l'O. d'**Évires**, les couches se relèvent encore de 15° environ contre le Salève; il en est de même de celles qui sont sur le bord du nant Daudens, au S. du village. Plus près de Thorens, elles sont redressées contre les Alpes; près d'Aviernoz elles plongent contre les flancs du Parmelan et je les crois renversées. Au S. de la ville de **la Roche**, ces couches sont horizontales et à Orange elles sont composées d'un grès semblable à celui de Bonneville ayant, comme ce dernier, à leur surface inférieure de petits tubercules qui laissent leur empreinte dans la couche en-dessous; les bancs sont dirigés du N. 30° E. environ au S. 30° O. et plongent de 30° environ au N.-O.

§ 254. — Près de **Thorens** on avait trouvé dans la mollasse, il y a quelques années, une veine de lignite de 30 centimètres d'épaisseur, et l'on fit venir de St-Étienne un mineur qui, si je ne me trompe, acheta la mine. Ce pauvre homme y avait découvert des fougères fossiles; il croyait que ce terrain était le même que celui de St-Étienne, et qu'en creusant il arriverait à la houille. Après de vains efforts[1], il a dû abandonner ses recherches; il avait travaillé dans des mollasses et dans des grès tuberculeux semblables à ceux de Bonneville En faisant ses fouilles, le mineur retira des roches couvertes d'empreintes de plantes et particulièrement de fougères. Ces débris ont malheureusement été enfouis sous des décombres, en sorte que tous ces végétaux ont été perdus, sauf un bel échantillon qui est conservé au musée d'Annecy. Voici comment M. Sismonda s'exprime à ce sujet[2]:

[1] Il avait percé un puits de 17 mètres et une galerie d'environ 100 mètres.
[2] *Comptes rendus de l'Acad.* 1857, XLV, 615.

« A Thorens, on entre par un puits dans une galerie qui « a 90 mètres de longueur. On espère atteindre bientôt la « couche de lignite; en attendant, on travaille dans le grès. « Avant d'arriver à cette roche, on a traversé un banc de « schiste argileux dans lequel ont été trouvées les belles « empreintes que nous avons eues entre les mains au musée « d'Annecy, où elles ont été déposées par le propriétaire « de la mine M. Aussedat. D'après ce que m'ont dit les « mineurs, c'est seulement dans cette couche qu'on ren- « contre les empreintes, et elles n'y seraient pas rares. Mes « recherches, néanmoins, ont été infructueuses; elles m'ont « cependant prouvé, de manière à n'en pouvoir douter, que « le grand échantillon existant au musée d'Annecy vient de « cet endroit-là.

« Ainsi la couche à fougères existe à Thorens, tout de « même qu'à Taninge, tandis qu'elle n'a pas encore été « trouvée à Arrache, où, au contraire, le lignite est associé « à une couche argileuse parsemée des mêmes espèces de « coquilles qu'on remarque à la mine de lignite d'Entre- « vernes. Je ne prétends nullement expliquer comment il « se fait que les fougères manquent à Arrache et à Entre- « vernes; mais je vous dirai que les observations que j'ai « faites en montant à Arrache, depuis Cluses, m'ont appris « que le grès de Taninge est placé à la base du terrain « nummulitique, que celui de Thorens se trouverait vers la « partie moyenne, et qu'enfin les lignites d'Arrache et « d'Entrevernes occuperaient une zone qui est presque à « la partie supérieure du même terrain. »

M. Élie de Beaumont ajoute :

« Les combustibles des *Diablerets*, d'*Arbon*, de *Taninge*, « d'*Arrache*, de *Thorens* et d'*Entrevernes*, s'ils n'appartien- « nent pas exactement à la même couche, paraissent cepen-

« dant être tous compris dans l'épaisseur du terrain num-
« mulitique proprement dit [1]. »

Après que l'examen des environs de Thorens m'eut donné la certitude que la couche de charbon avec ses fougères se trouve dans la mollasse tertiaire, je soumis l'échantillon du musée d'Annecy à M. le professeur Heer. Ce savant reconnut les fougères pour être des végétaux de l'époque tertiaire. Il a donné d'abord une petite note à ce sujet [2] ; et plus tard, il a publié encore quelques lignes que je transcris :

« Les couches de Thorens, en Savoie, dit-il [3], appartien-
« nent aux lignites du miocène inférieur. Cela est prouvé
« par la plaque de pierre, chargée d'impressions végétales
« que MM. A. Sismonda et E. de Beaumont ont prises pour
« des plantes du carbonifère, et qui ont amené le premier
« de ces savants à la curieuse opinion que cet échantillon
« prouvait la continuation de la flore du carbonifère jusqu'à
« l'époque nummulitique. La plante que l'on a prétendu
« appartenir au carbonifère n'est autre que l'*Aspidium dal-*
« *maticum*, A. Br. sp., et l'*Aspidium lignitum*, Gieb. sp.,
« fougères à côté desquelles on trouve également des feuil-
« les de dicotylédonées. Les mêmes marnes renferment, en
« outre, l'*Arundo Goepperti* et de nombreuses radicelles.
« D'après ces débris, les marnes de Thorens se rattachent
« de près à celles de la Paudèze et du Monod et se sont
« probablement formées à la même époque. »

[1] J'ai déjà montré (*Archives*, 1858, I, 165) que le charbon de Thorens appartient à la *mollasse tertiaire*, celui des Diablerets, d'Arache et d'Entrevernes au *terrain nummulitique*, celui d'Arbon au *terrain jurassique* supérieur, probablement *kimméridien*, et celui de Taninge au *terrain houiller*.

[2] *Verhandlungen der Schweiz. naturf. Gesellsch. in Bern*, 1858, p. 44. *Archives*, 1858, III, 123.

[3] *Recherches sur le climat et la végétation du pays tertiaire*, par M. O. Heer. Trad. de Ch. Gaudin, p. 68.

Il est donc bien démontré maintenant que ce gisement de charbon appartient à la mollasse tertiaire. Si nous regardons sur la carte la position de ce dépôt, nous voyons qu'il est, comme celui du canton de Vaud, au S.-E. du grand axe anticlinal de la mollasse qui passe au Salève et à Lausanne (§ 203).

§ 255. — Du côté du Salève, la mollasse repose, comme je l'ai dit, sur le poudingue et le grès marin inférieur lequel s'appuie sur le terrain urgonien; du côté des Alpes, les mollasses sont superposées au calcaire nummulitique et quelquefois à des sables blancs, quartzeux, probablement tongriens, tels que ceux d'Annecy le Vieux. Ces sables sont identiques en apparence à ceux du terrain sidérolitique du Salève, et ils reposent sur le calcaire nummulitique en se redressant contre les Alpes. Les couches des collines des Bornes ont donc comme forme générale celle d'un fond de bateau, car elles se relèvent d'un côté contre les Alpes et de l'autre contre le Salève; mais celles qui sont redressées contre cette dernière montagne occupent un espace bien plus étendu que les premières.

On ne voit point de mollasse dans la petite vallée de Thorens, pas plus que dans celle de Monetier, quoiqu'elle soit à un niveau inférieur à celui des Bornes. Ce fait important nous montre que ce vallon n'existait pas à l'époque où les roches tertiaires ont été déposées, et qu'il n'a été ouvert que par le mouvement du sol qui a redressé les couches de la mollasse.

CHAPITRE XV

LES VOIRONS

Situation, élévation, direction, § 256. — Aperçu historique, diverses coupes, 257. — Renversement des couches dans diverses parties des Alpes et ailleurs, 258. — Coupe des Voirons. Mollasse de la base, 259. — Axe anticlinal, 260. — Premier grès nummulitique, 261. — Première zone néocomienne avec fossiles, 262 — Deux terrains néocomiens, jurassien et alpin, 263. — Deuxième zone nummulitique, 264. — Deuxième zone néocomienne, 265. — Zone oxfordienne, étage tithonique, 266. — Troisième zone néocomienne, 266. — Troisième zone nummulitique, fucoïdes, 268. — Résumé, 269. — Blocs erratiques, 270. — Grès nummulitique de Bonne, 271.

§ 256. — La montagne des Voirons, située à peu près à deux lieues à l'E. de Genève, s'élève entre la plaine qui s'étend jusqu'au lac et la vallée de Boëge. Une arête assez rectiligne en forme le sommet et sépare les deux versants : elle est longée par un sentier qui va du Calvaire (cime septentrionale élevée de 1456 mètres au-dessus du niveau de la mer) au Pralaire (cime méridionale haute de 1406 mètres). C'est une promenade charmante d'où l'on a la vue des grandes Alpes, des montagnes du Chablais et du lac. On aime à cheminer dans un pareil sentier; le corps y reprend le calme et le bien-être qui lui avaient été enlevés par une ascension plus ou moins rapide, en même temps que l'esprit reçoit une impression vive de la contemplation d'objets qui lui sont peu familiers.

La direction générale des Voirons, qui est à peu près celle du N. au S. comme de Saussure l'a remarqué, est rare dans les Alpes de la Savoie; on ne la retrouve guère

que sur la rive orientale du lac d'Annecy, dans les montagnes de Veyrier et de Blaonière ou Blonnière qui font partie d'une chaîne en demi-cercle (§ 354).

Les formes arrondies de la montagne des Voirons et la riche végétation qui les recouvre font comprendre, même à distance, que ses roches sont différentes de celles du Salève. Cette différence est poussée si loin, que les formations contemporaines qui se trouvent dans ces deux montagnes, présentent des facies différents. Autant l'étude géologique du Salève est simple et normale, autant celle des Voirons est difficile et compliquée. Il y a peu d'années (1851) que M. Studer[1] désignait cette montagne comme ayant une structure qui déconcertait les géologues; un court aperçu historique des observations dont elle a été l'objet justifiera l'assertion du savant professeur de Berne.

§ 257. — **De Saussure**, en 1779[2], est le premier qui se soit occupé des Voirons; il a consacré à leur description un chapitre de son grand ouvrage. Après l'avoir lu, on regrette ce temps heureux pour les naturalistes, où ils pouvaient donner si peu de détails scientifiques dans des œuvres d'une haute importance.

En 1800, **De Luc** recueillit des Aptychus dans les calcaires que de Saussure avait signalés au milieu de la montagne, et il les décrit sous le nom de *Buffonites*[3], tandis qu'en 1822 Bourdet de la Nièvre les nommait *Ichthyosagones*, et pensait qu'ils avaient appartenu à la mâchoire d'un poisson[4]. En 1828, M. **Élie de Beaumont** a classé dans le grès vert et dans la craie les couches à fucoïdes des

[1] *N. Jahrb.* 1851, 826. *Archives*, mai 1851.
[2] *Voyages*, § 273.
[3] *Journ. de Phys.* Prairial, an VIII, p. 21.
[4] Broch. 4°, Genève 1822.

Voirons[1], et en 1830, M. **Boué** a indiqué les divers terrains qui étaient connus alors dans cette montagne[2].

En 1836, J.-A. De Luc publia une note sur le calcaire des Voirons et sur sa place dans la formation jurassique[3]. Il rangea cette roche dans le terrain oxfordien, comme l'avait fait M. Studer. La même année, M. Boué signala la présence des nummulites[4] dans les grès de la partie supérieure. M. **de Buch**, en 1845, dit quelques mots de cette montagne à propos *des caractères distinctifs des couches jurassiques supérieures dans le midi de l'Europe*[5]. Il classa les calcaires des Voirons dans la zone à *Ammonites tatricus*, et montra qu'elle s'étendait de la Pologne jusque dans le midi de la France.

Je présentai, en 1845[6], à la Société helvétique des Sciences naturelles, un petit mémoire sur les Voirons, où je signalai pour la première fois des débris de poissons dans le terrain néocomien; ils attirèrent l'attention de M. le professeur Pictet qui en trouva plus tard de magnifiques échantillons. Dans le court résumé que je fis de la position des différentes couches, je me bornai à conclure, avec De Luc, que « les Voirons offrent un vaste champ aux spéculations. »

M. **Studer**, qui avait soutenu en 1827[7] et en 1836[8] que les Voirons sont le prolongement des montagnes du

[1] *Ann. des sc. nat.* 1828, XV, 381, note.
[2] *Journ. de géol.*, 1830, I, 65.
[3] *Actes Soc. helvétique des Sc. nat.*, 1836, p. 57 et 122.
[4] *Guide du géolog. voyag.*, 1836, II, 395.
[5] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1845, II, 361.
[6] *Actes de la Soc. helvétiq. de Sc. nat.*, Soleure, 1848, p. 41. *Archives*, 1849, XI, 64.
[7] Geogn. Bemerk über einige Th. de nördl. Alpenk. *Zeitsch. f. Mineral.* janv. 1827, p. 1, et *Journ. de géologie*, I, 210.
[8] *Bull. Soc. géolog. de France*, 1836, VII, 282.

Gournigel, de Châtel-St-Denis, etc., confirma cette manière de voir en 1852[1], et donna une coupe fort ingénieuse pour représenter l'arrangement des couches (Pl. IV, fig. 3)[2]. Ce savant suppose que celles-ci, après leur dépôt, ont pris la disposition donnée dans la fig. 1, pl. IV, et que par l'augmentation du soulèvement il se fit une rupture qui donna à la montagne la forme de la fig. 2 qui est à peu près celle de la fig. 3. Cependant je crois que la section naturelle est plus compliquée encore, et qu'on y voit trois couches néocomiennes.

M. **de Mortillet**, dans son *Prodrome d'une géologie de la Savoie* (1855), dans la *Savoie avant l'homme*[3], et dans sa *Géologie de la Savoie* (1858) nous parle de la montagne qui nous occupe, et des anomalies de sa structure. Ce même savant a encore publié en 1858 un mémoire détaillé sur le même sujet[4]. Les coupes qui y sont renfermées sont assez importantes, pour que je reproduise celle qui a le plus de rapport avec la mienne. On y voit (Pl. IV, fig. 5) deux couches de terrain néocomien (*N N*), séparées par une couche de grès (G^2), et cet ensemble est placé *au-dessous* du calcaire de l'étage oxfordien (*O*), qui est recouvert par les couches à fucoïdes (*F*) et par le poudingue nummulitique (*P*); il est situé *au-dessus* d'une nouvelle couche de grès (G^2), surmontant une assise de marne (*M*) et de grès (G^1), qui toutes trois appartiennent au flysch.

Le mémoire le plus important sur la géologie des Voirons est, sans aucun doute, celui de MM. **Pictet** et de

[1] *Geol. der Schweiz*, II, 6, 49, 73.

[2] Les lettres ont la même signification que celles de la fig. 4

[3] *Bull. Associat. florimont. d'Annecy*, 1855, I, 343.

[4] *Matériaux pour la paléontologie suisse*, par le professeur Pictet. *Description des fossiles du terrain néocomien des Voirons*, par MM. Pictet et de Loriol, 1858.

Loriol[1]; les détails paléontologiques qui y sont donnés ont beaucoup d'intérêt pour l'étude du terrain néocomien dans les Alpes. Les auteurs y ont décrit des échantillons d'une grande beauté, et je suis heureux d'avoir un si bon guide pour les fossiles de chaque couche. Dès lors, M. Ooster a donné une liste des fossiles de Châtel-St-Denis (canton de Fribourg), qui montre que la couche où ils ont été recueillis est de même âge que celle des Voirons[2], ainsi que l'avait dit M. Studer.

§ 258. — Comme on le verra, cette montagne offre une singulière structure, les grès évidemment tertiaires de la partie inférieure sont recouverts par des couches crétacées et celles-ci par des couches jurassiques. Cette disposition avait attiré l'attention de MM. C. Escher et Ebel[3]; M. Keferstein, en 1830, en avait parlé[4], et un peu plus tard, M. Boué s'en était occupé[5]. Elle avait été vue sur d'autres points des Alpes, à la limite des chaînes calcaires et de la mollasse, par MM. Sedgwick et Murchison[6]. M. Studer a remarqué une structure semblable à Sonthofen (Bavière)[7], où le terrain néocomien repose sur le terrain nummulitique. Enfin M. Czjzek a dessiné le redressement des couches calcaires des environs de Vienne contre les roches tertiaires[8]. M. Streffleur a fait des recherches sur

[1] *Paléontologie suisse*, par M. le professeur Pictet, 1858.

[2] *Bullet. Soc. vaud. des Sc. nat.*, 1858, VI, 50.

[3] *Ueber den Bau der Erde*, 1808, et Ebel, dans son *Manuel du voyageur en Suisse*, montre, dans sa coupe de Zurich à Altorf, t. I, p. XVI, que le calcaire repose sur le nagelflue tertiaire, ce qui plus tard fut répété par Keferstein.

[4] *Journ. de géologie*, 1830, II, 210.

[5] *Journ. de géologie*, 1831, III, 48; *Proceed. of geol. Soc. of London*, I, 226.

[6] *Ann. of philosophy*, août 1830.

[7] *Geologie der Schweiz*, I, 120.

[8] Geogn. Karte der Umgeb. Wien's.

ce sujet [1], et M. Murchison a encore signalé quelques points où les mollasses plongent sous les calcaires [2].

En Lombardie, le mont Misma, placé à la lisière des Alpes et de la plaine à l'E. de Bergame, décrit et figuré par M. Zollikofer [3], présente quelques rapports avec les Voirons, en ce sens que des terrains comparativement anciens recouvrent des terrains plus récents. M. de Buch y a trouvé, comme aux Voirons, l'*Ammonites tatricus*, Pusch [4]. Beaucoup plus à l'E., dans la vallée de l'Isonzo, encore sur le revers méridional des Alpes et à leur lisière, se trouve le mont Sabotino au N. de Gorizia. La coupe de cette montagne, donnée par M. de Hauer dans sa grande et intéressante section prise entre Passau et Duino sur l'Adriatique [5], montre les couches crétacées de *scaglia* recouvrant les grès tertiaires. Il semblerait donc que le singulier renversement des couches, qui a si longtemps occupé les géologues sur le versant septentrional des Alpes, n'est pas étranger au versant méridional de ces montagnes.

Au reste, cette structure ne leur est pas spéciale; elle se montre dans la plupart des endroits où de grands renversements sont la conséquence directe des plissements. On en trouve en Espagne un exemple frappant au défilé de l'Ebre, sur la route de Haro, où M. de Verneuil et ses compagnons [6] ont observé le terrain tertiaire sous le terrain crétacé. Enfin, on peut remarquer que cette disposi-

[1] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 2e sér., V, 67.

[2] *Quart. J. of geolog. Soc.*, 1848, VI, 195; entre Jaman et Vevey, p. 182, dans les environs d'Einsiedeln, p. 197; entre le Speer et le Sentis, p. 200, et tout le long de la chaîne du Sentis, d'après les coupes de M. A. Escher.

[3] *Beit. z. Geol. der Lombardei*, mém. publié à Vienne.

[4] *Bullet. Soc. géolog. de Fr.*, 1845, II, 61.

[5] *Classe der Kais. Akademie der Wissenschaften*, 1857, XXV, 253.

[6] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1860, XVII, 344.

tion des couches ne se voit pas uniquement dans les terrains de sédiment. J'aurai l'occasion de parler des roches jurassiques et triasiques placées sous les schistes cristallins (§ 590), et M. Murchison a signalé, dans le Vicentin, des couches néocomiennes plongeant sous une masse de porphyre[1]. Par conséquent, cette structure qui au premier coup d'œil a quelque chose d'exceptionnel, n'est rare ni dans les Alpes, ni ailleurs.

§ 259. — Après avoir parcouru quinze ou vingt fois les Voirons, je suis arrivé à dessiner **la coupe**, que je donne Pl. IV, fig. 4. J'ai rapporté sur une ligne tirée de Lossy près Juvigny à la vallée de Boëge, en passant par le Pralaire, diverses observations prises un peu au N. et un peu au S. de cette ligne. Il va sans dire que les traits ponctués de cette figure se rapportent uniquement à des idées théoriques, et je présenterai couche par couche les observations que j'ai faites. J'essaierai dans cette description d'épargner aux géologues la nécessité d'un guide; dans tous les cas, je désirerais qu'ils ne s'adressassent pas à celui qui, s'armant d'un bâton une heure après mon départ du pied de la montagne, me déclara qu'il ne me rendrait ni mon sac, ni mes provisions, si je ne lui payais immédiatement la rétribution convenue pour la journée entière.

En se rendant de Genève aux Voirons par Annemasse et Cranves, on trouve, à partir de Bas-Montoux, le terrain glaciaire composé de glaise à cailloux striés et à blocs erratiques. Le petit village de Cranves est bâti sur une arête, en arrière de laquelle se voit le lit d'une ancienne rivière, bien grand maintenant pour le petit ruisseau qui l'arrose. Cette arête est composée de terrain gla-

[1] *Quart. Journ.*, 1848, V, 221.

ciaire et de mollasse; les couches y sont redressées au N.-O. environ et présentent l'aspect et les teintes de la mollasse ordinaire de notre pays. Elles renferment des marnes rougeâtres qui sont caractéristiques de cette formation et qui ne se trouvent pas dans les grès du terrain nummulitique. Ces mollasses sont évidemment le prolongement de celles qui forment le coteau de Montoux, les rives de la Menoge et les massifs qui, au Salève, reposent sur les terrains crétacés.

On peut commencer l'ascension de la montagne aux carrières de Lossy; la roche qu'on y exploite est la **mollasse de la base des Voirons** (*m*[1], Pl. IV, fig. 4); elle n'a aucun rapport avec le macigno alpin. Des bancs de grès et d'une mollasse grise alternent avec des marnes bleuâtres et rougeâtres; cette roche, lorsqu'elle est taillée, donne une jolie pierre à bâtir bleuâtre, quelquefois peu résistante à l'air. Les couches plongent à l'E. un peu S.-E. de 20° à 25°, et l'on y voit des surfaces polies qui dénotent des failles parallèles à la direction de la montagne. Le terrain glaciaire recouvre la surface de ces couches.

On se dirige ensuite, en s'élevant et en marchant au N., vers les carrières des communaux de Cranves-Sales. La mollasse y est grise ou rougeâtre; les couches extérieures sont presque horizontales, tandis que les couches intérieures plongent comme celles de la carrière précédente.

Après avoir signalé les rapports minéralogiques et les rapports de position de ces roches arénacées avec les grès de Cranves, de Montoux, de la Menoge et du Salève, qui sont des mollasses miocènes; je conclus avec M. Studer[1], et

[1] *Jahrb.*, 1851, p. 826 et loc. cit.

contrairement aux idées de MM. de Mortillet [1] et Sismonda [2], que ces grès inférieurs appartiennent à la vraie mollasse d'eau douce de notre pays, quoique je n'aie pu y découvrir aucun fossile.

Cette roche est plus ou moins micacée; dans sa partie supérieure, elle passe à une marne feuilletée qui renferme quelques veinules de charbon (ravin de la Chandouze). Elle présente une puissance de 500 ou 600 mètres au minimum et s'élève jusque près du chalet de Montauban. Un épais manteau de terrain glaciaire en cache la limite supérieure et forme un grand plateau près des hameaux nommés Chez les Blancs, les Rapes, etc. De petites concrétions calcaires à formes bizarres, communes aux environs de Genève, se voient à la limite des marnes de la mollasse et de l'argile glaciaire.

§ 260. — **Mollasse** (m^2). Au-dessous des maisons d'Harmiaz ou Hermiaz se trouvent deux ravins dans une pente très-roide. En remontant celui du S.-O., on trouve une ligne anticlinale bien prononcée dans les couches de la mollasse. Celles-ci se dirigent du N. un peu E. au S. un peu O. et sont divisées en deux parties : dans la plus extérieure à la montagne, elles se redressent de 60° à peu près à l'E. ; dans la partie intérieure, elles se relèvent de la même quantité en sens opposé. Cette ligne me rappelle celle que M. Kauffmann a signalée en 1860 dans les environs de Lucerne [3], et dont j'ai parlé à l'occasion de la ligne anticlinale qui traverse la Savoie, la Suisse et la Bavière (§ 203).

§ 261. — **Première zone de grès nummulitique** (M^1, du Crêt Violan). — On ne peut déterminer exactement

[1] Loc. cit.
[2] *Carta geol. di Savoja, Piemonte e Liguria*, 1862.
[3] *Mém. Soc. helvétiq. des Sc. nat.*, 1860.

où commence près d'Harmiaz le grès nummulitique du macigno alpin, parce qu'il est en partie recouvert de terrain glaciaire. Il constitue la colline boisée nommé Crêt Violan, située au-dessus du hameau. Il est, en général, à grains moyens gris, verdâtre, micacé, argileux, facilement décomposable, et il alterne avec des couches à grains plus fins, souvent jaunâtres et micacées, renfermant des veines de charbon, sans qu'il y ait des dépôts exploitables de combustible. En général, les grès du macigno alpin des diverses couches de cette montagne ont les mêmes caractères ; il y a une telle analogie entre eux, qu'il est impossible de les séparer, et je les rapporte au grès nummulitique, parce que j'ai trouvé quelques nummulites dans ceux de la partie supérieure. Entre l'extrémité N. du Crêt Violan et les Hivernages, on voit dans un ravin des couches de grès alternant avec des marnes dirigées du N. 30 à 40° E. au S. 30 à 40° O. et plongeant du côté du S.-E. de 70° ; ce qui n'est pas la direction commune des plans de stratification de cette montagne.

§ 262. — **Première zone du terrain néocomien** (N^1, aux Hivernages). — Enfin on arrive aux Hivernages, chaumière construite dans un endroit retiré et qui est habitée même l'hiver, ce qui lui a fait donner son nom. La maison est au bord d'un ruisseau traversant la première zone du terrain néocomien ; les couches sont des calcaires marneux bleuâtres, alternant avec des marnes de la même couleur. Après que j'eus trouvé quelques écailles de poissons dans cette localité, M. le professeur Pictet y découvrit des échantillons d'une beauté remarquable, particulièrement ceux du *Spathodactylus neocomiensis* et du *Crossognathus Subaudianus*, qui sont figurés dans la Paléontologie suisse.

La faune nombreuse que l'on a recueillie aux Hivernages

a de l'analogie avec celle du terrain callovien. Mais les recherches de MM. Pictet et de Loriol ont prouvé qu'elle était incontestablement néocomienne. J'emprunte à leur travail plusieurs des considérations suivantes, ainsi que la liste des fossiles.

Fossiles du terrain néocomien des Voirons.

Les † dans la première colonne indiquent les fossiles trouvés aux Hivernages, celles de la seconde colonne se rapportent aux fossiles néocomiens trouvés près de Chez Hominal, dans la zone néocomienne (§ 265).

		(N^1)	(N^2)
Belemnites	bipartitus, (Cat.) Blainv.	—	†
»	pistilliformis, Bl.	†	†
»	minaret, Rasp.	†	—
»	Orbignyanus, Duv. J.	—	†
»	conicus, Bl.	—	†
»	latus, Bl.	—	†
»	dilatatus, Bl.	†	—
Ammonites	subfimbriatus, d'Orb.	†	—
»	Astierianus, d'Orb.	†	—
»	ligatus, d'Orb.	†	—
»	difficilis d'Orb.	†	—
»	Thetys, d'Orb.	†	—
»	Rouyanus, d'Orb.	†	—
»	Voironensis, Pict. et de L.	†	—
»	cryptoceras, d'Orb.	?	—
»	Mortilleti, Pict. et de L.	†	—
»	angulicostatus, d'Orb.	†	—
»	Masylæus, Coq.	†	—
Ancyloceras	Tabarelli, Ast.	†	—
»	Emerici, (Lev.) d'Orb.	†	—
»	Sabaudianus, P. et de Lor.	†	—
Toxoceras	longicornis, Pict. et de L.	†	—
Hamulina	fascicularis, Pict. et de L.	†	—

Rhynchoteuthis fragilis, P. et de Lor.	+	—
» Sabaudianus, Pict. et de L.	-	+
» Quenstedti, P. et de Lor.	—	+
Mytilus Voironensis, Pict. et de Lor.	+	—
Pecten Agassizi, Pict. et de Lor.	+	—
Terebratula diphyoides, d'Orb.	+	—
Aptychus angulicostatus, Pict. et Lor.	+	—
» Seranonis, Coq.	+	?
» Mortilleti, Pict. et de Lor.	—	+
» radians, Coq.	+	—
Phyllocrinus Sabaudianus, Pict. et de Lor. figuré sous le nom de P. Renevieri.	+	-
Spathodactylus neocomiensis [1], Pict.	+	—
Crossognathus Sabaudianus, Pict.	+	-
Clupea antiqua, Pict.	+	-
» Voironensis, Pict.	+	
Aspydorhynchus Genevensis, Pict.	+	—
Dents de Sphenodus Sabaudianus, Pict.	—	+
» d'Odontaspis gracilis, Ag.		+
» de Gyrodus.	—	+

§ 263. — Le néocomien des Hivernages appartient donc à la partie inférieure du terrain de ce nom, quoique M. d'Orbigny ait classé un bon nombre des fossiles qu'on y trouve dans le terrain urgonien. Ce n'est pourtant pas l'étage valangien qui est plus bas encore; mais il semble correspondre au groupe néocomien proprement dit. Quant à en déterminer l'horizon d'une manière parfaitement exacte,

[1] Voyez *Notice sur les poissons des terrains crétacés de la Suisse et de la Savoie*, par M. Pictet. *Archives*, I, 228, 1858. M. de Rouville a trouvé également des poissons dans le néocomien de Beaufort (Drôme), *Bullet. Soc. géolog de France*, 1855, XII, 178.

je laisse ce soin aux paléontologistes. Je ferai simplement remarquer que ce terrain a du rapport avec les marnes d'Hauterive (Neuchâtel), tout en présentant une forme ou facies spécial aux Alpes et au midi de la France, et qui l'a fait nommer **néocomien alpin** par MM. Pictet et de Loriol et **néocomien provençal** par M. Lory, en opposition au type jurassien de ce même terrain.

En effet, le facies du terrain néocomien des Voirons est différent de celui du Salève et de celui du Jura: il est moins calcaire ; on n'y trouve ni l'*Echinospatagus cordiformis*, ni l'*Ostrea Couloni*, ni l'*Ammonites radiatus*, etc., et il renferme un grand nombre d'espèces étrangères au terrain néocomien jurassien. Dans certaines localités des Alpes suisses, ces deux facies sont plus rapprochés encore que ne le sont le Salève et les Voirons.

Il est remarquable qu'un même terrain marin, qui a été déposé sur une vaste étendue, présente autant de différence dans un espace aussi restreint. Le type jurassien pénètre quelquefois très-avant dans l'intérieur des Alpes, si l'on en juge par la distribution de l'*Echinospatagus cordiformis* et de l'*Ostrea Couloni*. On trouve, dans l'ouvrage de MM. Pictet et de Loriol, une dissertation propre à fixer l'âge exact de cette formation ; les auteurs se servent des renseignements fournis par M. Duval-Jouve [1] et par M. Lory [2]. La couche que le premier de ces deux savants désigne par le *Belemnites dilatatus*, est celle qui renferme le plus grand nombre

[1] *Belemnites des terrains crétacés inférieurs des environs de Castellane*, Paris, 1841, in-4.

[2] Les principaux travaux de M. Lory sur ce terrain se trouvent *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1851, IX, 51 ; 1852, X, 20 ; 1854, XI, 775 ; 1855, XV, 10, et dans sa *Description géologique du Dauphiné*, 1860-1861, qui a paru après le travail de MM. Pictet et de Loriol.

de fossiles identiques à ceux du néocomien des Voirons. Dans son ouvrage sur le Dauphiné (p. 296), M. Lory divise le terrain néocomien en **trois types** : *provençal* ou *alpin*, *jurassien* et *mixte*, dans chacun d'eux il indique des subdivisions; le dernier de ces types est formé des couches suivantes, en commençant par le haut :

6. Calcaire marneux à spatangus, *Toxaster complanatus* ou *Echinospatagus cordiformis*, etc.
5. Calcaire bleu à crioceras et ammonites, *Am. cryptoceras*, *infundibulum*, etc.
4. Couche chloritée, *Belem. pistilliformis*, etc.
3. Calcaire roux, *Ostrea macroptera*, etc.
2. Calcaire néocomien inférieur de Fontanil, *Ostrea Couloni*, etc.
1. Marnes néocomiennes inférieures, difficiles à distinguer de l'oxfordien, *Belemnites latus*, *Ammonites Téthys*, etc.

Il paraît donc qu'en Dauphiné ce terrain présente plus de développement qu'en Savoie, et la couche des Voirons correspond au n° 5, niveau un peu inférieur à celui du *Toxaster complanatus*, lorsque les deux couches sont dans la même localité, ce qui n'arrive pas souvent.

« Le néocomien alpin, disent MM. Pictet et de Lo-
« riol, se trouve ainsi compris entre deux couches de néo-
« comien proprement dit. Il fait donc évidemment partie
« de la même formation, il n'est qu'un facies particulier, et
« on peut le considérer comme parallèle à l'autre, comme
« déposé dans la même période, mais dans des conditions
« un peu différentes : tantôt dans d'autres golfes, tantôt sur
« des fonds d'autre nature, qui ont pu se succéder dans le
« même lieu ou être géographiquement distants. »

On a reconnu la présence du terrain néocomien alpin

dans les montagnes situées au N. du lac de Thoune[1], au Stockhorn[2], dans les montagnes qui dominent Vevey[3] et Bex[4], dans celles qui sont voisines de Châtel-St-Denis[5], dans les bases du Môle (§ 275), au pont St-Clair (§ 383), dans le département de l'Isère et dans ceux de la Drôme et des Basses-Alpes, aux environs de Nice[6], dans les Alpes italiennes[7], dans la Vénétie, dans les Alpes du pays de Salzbourg[8] et en Bavière[9].

M. Lory fait observer avec une grande justesse que toujours le néocomien alpin repose sur le terrain oxfordien, tandis que le terrain néocomien jurassien repose sur l'étage corallien. Le Salève et les Voirons sont deux exemples de ce fait, dont l'explication est incertaine. Cependant on peut comprendre que l'étage corallien avec ses calcaires ait donné, au terrain néocomien déposé sur lui, un caractère différent de celui du néocomien superposé à l'étage oxfordien, en général fort argileux. Il paraîtrait que les boues de ce dernier, qui ont formé le néocomien alpin, ont eu de l'influence sur la faune de cet étage (voyez § 266 la note sur l'étage tithonique).

§ 264. — **Seconde zone de grès nummulitique**

[1] Studer, *Geol. der Schw.*, II, 67 à 70. Ce savant a encore décrit ce terrain, *Archives*, 1862, t. XV, décembre.

[2] Brunner, *Mém. de la Soc. helvétiq. des Sc. nat.*, 1857, XV. *Geognos. Beschr. der Gebirgs. des Stockhorns.*

[3] *Actes Soc. helvétique des Sc. nat.*, Aarau, 1850, p. 101.

[4] Studer, *Geol. der Schweiz*, II, 70 à 78.

[5] *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, 1858, VI, 50.

[6] Perez, *Atti della ottova riunione degli sc. ital.* Genova, 1846, publié en 1847, 651.

[7] D'Archiac, *Hist. des progrès de la géol.*, V, 92.

[8] Schafhautl, *Geogn. Unters. des Südbay. Alpengeb.*, München, 1851, p. 120.

[9] Gumbel, *Geogn. Besch. des bayer. Alp.*, Gotha, 1861.

(M^2, du Bois de la Chaux). — En remontant le ruisseau des Hivernages, au-dessus de la première couche néocomienne (N^1), on rencontre une grande masse de grès nummulitique identique à celui de la couche du Crêt de Violan. Elle forme une colline recouverte de sapins, nommée le Bois de la Chaux, et sépare le terrain néocomien des Hivernages de celui qui se trouve au-dessus d'elle.

§ 265. — **Seconde zone néocomienne** (N^2, de Chez Hominal)[1].— Cette seconde zone est mise à découvert sur un très-petit espace au-dessus des Hivernages et se voit mieux dans un chemin un peu au N. de la carrière de pierres à chaux oxfordiennes, voisine de Chez Hominal. Cette nouvelle couche néocomienne renferme les fossiles indiqués dans la colonne (N^2) du tableau (§ 262); M. de Mortillet l'appelle terrain néocomien de la Grange de Boëge; son caractère principal consiste en ce qu'elle renferme beaucoup de bélemnites et de becs de Rhynchoteuthis. MM. Pictet et de Loriol la croient un peu inférieure à celle des Hivernages; ce qui paraît probable, parce qu'elle est très-voisine du calcaire oxfordien, et que sur sa face du côté de Genève j'ai observé un calcaire bleuâtre avec quelques ammonites, qui est vraisemblablement l'équivalent du néocomien des Hivernages. Cette couche à bélemnites est dirigée au N. 30° E., tandis que la couche oxfordienne, qui en est voisine, se dirige au N. 10° E.; toutes deux sont presque verticales.

[1] Lorsqu'on remonte le ruisseau des Hivernages, après avoir traversé le bois de la Chaux, on débouche sur un chemin près duquel se trouve une maison; à 100 ou 200 pas au-dessus de cette habitation, dans le ruisseau voisin des champs, on a vu les marnes néocomiennes avec leurs fossiles, mais depuis que l'on a changé le chemin, les marnes ne sont plus visibles. L'endroit se nomme Crêt-Jaquet, et ce nom s'applique à une grande étendue de terrain.

§ 266. — **Zone oxfordienne** (*O*, de Chez Hominal). — La couche précédente est à peu près en contact avec le calcaire oxfordien exploité à Chez Hominal. Ce dernier est blanchâtre, jaunâtre, grumeleux. Il perce en plusieurs endroits la terre végétale, si abondante dans les Voirons, et il a toujours donné lieu à de petites exploitations; on le voit en allant du S. au N. :

1. Aux Gets, au S. de Chez Hominal; les couches sont dirigées au N. 30° E.

2. A Chez Hominal, carrière exploitée pour la construction de l'église de Lucinge; couches dirigées au N. 10° E. et plongeant de 75° environ à l'E., renfermant beaucoup de fossiles.

3. A la Rochette des Mouilles, grand rocher calcaire, presque pointu, formé de couches dirigées au N. 45° O. et verticales. On y trouve beaucoup d'aptychus et de grosses ammonites.

4. Au Crêt Jaquet ou Pralet.

5. Au-dessous de Châtillonnet.

6. Au-dessus du chalet des Moillets.

Je crois qu'il se trouve encore du calcaire oxfordien à la Lettaz, au Chausset et à la Servette. Ces dernières localités, à partir de Châtillonnet, sont un peu éloignées de la route que je suis dans cette description; il serait difficile de les visiter dans le même jour où l'on examinera convenablement les endroits dont j'ai parlé.

Dans cette série de rochers calcaires, on ne voit que l'affleurement plus ou moins vertical d'une couche. Mais en se transportant beaucoup plus au S., au château de Faucigny (§ 273), l'on verra que cette même couche a l'aspect d'une voûte brisée. Dès lors il est probable que le terrain oxfordien des Voirons forme une voûte dont on

n'aperçoit que l'un des jambages; cette structure s'accorde bien avec les idées théoriques données par la coupe. J'ai recueilli les fossiles suivants dans la roche oxfordienne des Voirons.

Fossiles de l'étage oxfordien[1].

Belemnites hastatus, Bl.
» Sauvanausus, d'Orb.
» Didayanus, d'Orb.
Ammonites plicatilis, Sow.
» Adelæ, d Orb.
» erato, d'Orb.
» oculatus, Bean.
» perarmatus, Sow.
» tortisulcatus, d'Orb.
» Tatricus, Pusch.
» lunula ? Ziet.

[1] Depuis que ces pages ont été rédigées, j'ai eu sous les yeux le mémoire d'un savant professeur de Munich, qu'une mort prématurée a enlevé à ses amis : M. Oppel, en publiant un travail sur l'étage tithonique (*Der tithonische Etage. Abdruck. a. d. Zeitsch. d. deutsch. geolog. Gesellsch. Jahr* 1865), a émis des idées que les progrès de la science arriveront certainement à développer. Ce nouvel étage renferme les terrains au-dessus du groupe kimméridien inférieur à l'Ammonites Lallierianus, jusques et y compris le groupe inférieur du néocomien, c'est-à-dire le valangien. D'après ce savant, tous ces terrains sont synchroniques; parmi les fossiles des terrains pélagiens de cet âge nous remarquons les suivants :

Ammonites Irius, d'Orb.
— *giganteus*, Sow.
— *Silesiacus*, Oppel, qui avait été confondue avec l'*Am. Zigmodianus*, d'Orb.
— *Volanensis*, Opp., confondue avec l'*Am. athleta*, Phil.
— *tortisulcatus*, d'Orb.
Terebratula diphya, d'Orb.
— *triquetra*.
Aptychus
Etc.

D'après ces fossiles, le calcaire oxfordien des Voirons doit être ranc-

Terebratula nucleata, Schl.
» diphya [1].
Aptychus latus, Park.
» lamellosus, Park.

§ 267. — **Troisième zone néocomienne** (N^3, au Fenil). — En se plaçant à la Rochette des Mouilles, on voit, en avant du grand escarpement, une petite colline supportant une habitation nommée au Fenil, en face de la haute crête des Voirons. Ce mamelon est composé de calcaires blanchâtres, bleuâtres, quelquefois analogues à ceux des Hivernages. Les fossiles y sont très-rares; en cherchant avec persévérance et à plusieurs reprises, j'ai trouvé les trois suivants dont la détermination est due à l'obligeance de M. le professeur Pictet :

dans l'étage tithonique de M. Oppel. Mais la mer de cette époque ne faisait pas seulement des dépôts pélagiens, il s'élevait de son fond des récifs de coraux, tels que ceux de Stramberg (Carpathes), du Salève, d'Oyonnaz (Jura), dans lesquels se formait ce qu'on a nommé jusqu'à présent l'oolite corallienne; en sorte que, d'après cette manière de voir, cette dernière roche serait du même âge que la couche jurassique des Voirons. Toutes deux représentent la partie supérieure du terrain jurassique de notre pays. Sur le type pélagien de l'étage tithonique s'est déposé le terrain néocomien alpin, dont le facies est également pélagien, tandis que sur les récifs de coraux de l'étage tithonique s'est formé le terrain néocomien jurassien qui présente un facies littoral.

Ce nouveau mode de classification de M. Oppel explique clairement deux faits qui, jusqu'ici, avaient paru extraordinaires : en effet, on n'avait pas compris la raison pour laquelle, dans notre pays, le terrain jurassique est terminé à sa partie supérieure par l'oolite corallienne au Salève et par un prétendu oxfordien aux Voirons; en second lieu, on ne savait pourquoi, sur les deux roches précédentes, on rencontre deux terrains néocomiens ne se ressemblant point. Les idées de M. Oppel rendent compte de ces faits. Cependant, il nous semble qu'il serait préférable de placer la limite supérieure de l'étage tithonique au-dessous du valangien plutôt qu'au-dessus. (Voy. *Archives des sc. phys. et nat.*, 1866, XXV, 63.)

[1] Voyez *Bull. Soc. géolog. de France*, XII, 686, une discussion relative à ce fossile.

Aptychus angulicostatus, Pict. et de L.; *Ammonites Tethys* ou *semistriatus* (très-probablement); *Terebratula*, probablement *T. Collinaria*, d'Orb. Ces fossiles appartiennent au terrain néocomien alpin.

§ 268. — **Troisième zone de grès nummulitique** ou **macigno alpin** (M^3, de l'escarpement supérieur). — En arrière du Fenil se trouve le grand escarpement supérieur des Voirons. Il est formé à sa base par des grès marneux, schisteux, fins, renfermant des fucoïdes, assez abondants pour que M. Fischer-Ooster regarde les Voirons comme une localité classique pour ces plantes fossiles[1] (Grange de Boëge, sur le versant de la montagne du côté de Genève). M. Ad. Brongniart y avait signalé, en 1828, le *Fucoïdes Targionii*[2], connu maintenant sous le nom de *Chondrites Targionii*, Stern. Les échantillons que j'ai recueillis se rapportent à la variété *arbuscula*, Fischer-Ooster. On y trouve encore le *Chondrites longipes*, Fisch.-Oost. Ces couches sont l'équivalent de celles au sujet desquelles M. Adolphe Brongniart écrivait les lignes suivantes.

« Mais cette période[3] (la période crétacée) a offert dans « d'autres lieux, et dans des couches d'époques certainement « différentes, seulement des végétaux marins : tels sont sur- « tout ces grès ou macigno à fucoïdes caractérisés par les « *Chondrites Targionii*, *æqualis*, *intricatus*, etc., désignés « maintenant sous le nom de grès à fucoïdes et de flysch, « dont l'époque géologique a longtemps été problématique, « mais qu'on paraît s'accorder à considérer comme une « formation distincte supérieure à la craie et inférieure

[1] *Die Fossilen Fucoiden der Schw. Alpen*, Bern, 1858, p. 21.

[2] *Prodrome d'une hist. des végétaux foss.*, Paris, 1858, p. 203 et suiv. Il classait le terrain de cette montagne comme M. Elie de Beaumont.

[3] *Dict. univ. d'hist. nat.*, rédigé par Ch. d'Orbigny, 1849, XIII, 159.

« aux couches les plus anciennes des terrains tertiaires. » M. Brongniart pense que ces grès se sont déposés à une époque qu'il désigne par le nom de fucoïdienne, « qui me « semble, ajoute-t-il encore, former la limite la plus natu- « relle entre la période crétacée et la période tertiaire. »

Au-dessus des couches les plus riches en fucoïdes, le grand escarpement de la montagne est formé par des grès dont les éléments sont de grosseur moyenne, présentant souvent des grains de quartz rose. J'ai recueilli quelques rares nummulites dans ces grès, entre la Grange de Boëge et le Pralaire. La présence de ces fossiles, qui ne se trouvent pas fréquemment au-dessus des couches à fucoïdes, fixe d'une manière définitive la position de ces roches. Dans la partie supérieure de la montagne, on rencontre des poudingues formés de matériaux très-variés, quelquefois plus gros que la tête. Ils renferment des cailloux granitiques et carbonifères avec des empreintes de plantes, et la plupart des roches des Alpes se sont donné rendez-vous dans cette formation.

Sur la crête des Voirons, à peu près à moitié chemin entre le Pralaire et le Calvaire, et un peu du côté de Boëge, on verra un grès dur et compacte d'où l'on a tiré quelques meules de moulins, ce qui a fait donner le nom de Molire à cet emplacement; il ne faut pas le confondre avec le mont Vouant (§ 286) qui pour la même raison porte le même nom [1]. Toute la partie supérieure de la montagne et une portion de son versant oriental sont de grès et de poudingue semblables à ceux de l'escarpement; cependant du côté du

[1] J'ai vu ce même grès dans la montagne de Niremont, près de Châtel-St-Denis, où il est, comme aux Voirons, placé au-dessus du calcaire oxfordien.

Sud il y a plusieurs couches ressemblant à de la mollasse à grains fins.

§ 269. — La coupe que je viens de donner se résume de la manière suivante :

1. Mollasse de la base de la montagne (m^1, m^2).
2. Première zone de macigno alpin (M^1).
3. Première zone néocomienne, aux Hivernages (N^1).
4. Seconde zone de macigno alpin (M^2).
5. Seconde zone néocomienne associée à une couche à ammonites à sa partie extérieure, voisine de Chez Hominal (N^2).
6. Terrain jurassique oxfordien de Chez Hominal (O).
7. Troisième zone néocomienne, au Fenil (N^3).
8. Troisième zone de macigno alpin avec grès à nummulites formant l'escarpement de la montagne (M^3).

Toutes ces couches sont arrangées comme je les ai représentées dans la Pl. IV, fig. 4. L'idée d'un **plissement** dans ces masses minérales, tel que les lignes ponctuées le font comprendre dans cette figure, me paraît être la seule hypothèse que l'on puisse mettre en avant pour expliquer la structure de cette montagne, qui pendant longtemps a été regardée comme un type des difficultés géologiques que l'on rencontre dans les Alpes.

§ 270. — **Les blocs erratiques** sont nombreux sur la face occidentale des Voirons, tandis qu'au Salève ils abondent sur la pente orientale. Ils appartiennent presqu'en totalité aux roches de la vallée du Rhône, quoique l'extrémité S. des Voirons ait probablement été en contact avec le glacier de l'Arve. Aux environs de la Tour de Langin, les blocs sont très-abondants, et quelques-uns atteignent 5 mètres de longueur; ils s'élèvent à 960 mètres au-dessus de la mer près de la maison de Chausset. Non loin du chalet de Montauban, les blocs de micaschistes sont asso-

ciés à ceux de grès vert et de gault qui viennent de la chaîne de la Dent du Midi par la vallée du Rhône ou de celle des Dents Blanches par la vallée de la Dranse ; près du chalet, on trouve une grande épaisseur d'argile diluvienne. Sur un plateau voisin de la branche méridionale du grand ravin de la Chandouze et au-dessous des Hivernages, on rencontre bon nombre de blocs erratiques de schistes cristallins, dont l'un a quatre mètres et demi de longueur. Plus loin, on peut remarquer l'argile diluvienne à cailloux striés, épaisse de 30 mètres, et cependant elle est à 1000 mètres d'altitude et à 500 mètres au-dessus de la plaine. Cette glaise s'étend jusqu'aux Hivernages qui sont encore un peu plus élevés ; dans cette région, j'ai trouvé des blocs erratiques à 1046 mètres d'altitude environ.

§ 271. — Au pied méridional des Voirons on voit, au pont de Bonne et dans le lit du Foron, le grès nummulitique bien développé, il est le prolongement de la partie supérieure de la montagne. Ces grès, qui sont tantôt en couches minces, tantôt en couches épaisses, pourraient quelquefois être confondus avec la mollasse ; cependant ils s'en distinguent en ce que les grès fins sont moins micacés que cette dernière roche; le grès grossier, avec ses grains de quartz rose, n'a aucun rapport avec elle ; enfin on ne trouve jamais dans le macigno alpin les teintes rouges qui sont si fréquentes dans la mollasse tertiaire.

CHAPITRE XVI

LE MOLE ET LA POINTE D'ORCHEX

I. Le Mole. Limites. Auteurs. Bords de la Menoge. Château de Faucigny. § 272. — Base du Môle. Terrain oxfordien. Coupe du château de Faucigny au Réret, 273. — Réret, fossiles néocomiens, 274. — Structure irrégulière. Néocomien alpin, 275. — Base du Môle entre Bonneville et Marignier. Mollasse tuberculeuse, 276. — Traces de vagues, 277. — Parties élevées du Môle. M. Sismonda. Carte de France, 278. — Blocs erratiques, 279. — Fossiles du lias, 280.

II. La Pointe d'Orchex. La vallée du Giffre, § 281. — Structure de la montagne. Schistes à fucoïdes, gypse, lias, fossiles, 282. — Col de Châtillon, 283.

I. LE MÔLE.

§ 272. — Le district renfermant les deux montagnes qui vont nous occuper est situé sur la rive droite de l'Arve ; il s'étend le long de cette rivière, de son confluent avec la Menoge au N.-O., jusque près de Cluses au S.-E. Au N. il est borné par la Menoge et par le massif du Chablais, c'est-à-dire par une ligne se dirigeant de la vallée de Taninge sur Bonne, à l'E. il se termine au col de Châtillon, entre Cluses et Taninge; il comprend donc la montagne du Môle et sa base qui a un développement considérable et la Pointe d'Orchex ou la Vuarde.

Personne, sauf de Saussure, n'a essayé de décrire le Môle; mais quelques savants, tels que MM. Studer [1] et

[1] *Geol. der Schweiz.*

Sismonda[1], en ont dit quelques mots. J'ai aussi parlé des bases du Môle[2] et de la partie supérieure de cette montagne[3]. Je vais en reprendre la description, en cheminant du N.-O. au S.-E.

Sur les **bords de la Menoge** et près du pont de la route de Genève à Bonneville, le terrain glaciaire est très-développé; en aval, on voit des graviers argileux stratifiés, associés à de gros blocs, et en amont, sur la rive droite, l'alluvion des terrasses à l'état de béton repose sur le terrain glaciaire. Sous le pont, on a exploité pendant longtemps une carrière de mollasse. A deux kilomètres environ à l'E. de ce point, la mollasse de la rive gauche est en couches redressées de 40° contre l'extérieur des Alpes et dirigées du N. 20° E. au S. 20° O. Cette position est celle de toutes les couches; à l'exception d'un lambeau peu étendu redressé contre les Alpes; je ne sais si j'ose le considérer comme indiquant le prolongement de l'axe anticlinal voisin d'Armiaz aux Voirons (§ 260). J'ai déjà dit qu'au pont de Bonne se trouve le grès à nummulites (§ 271).

A partir des bords de la Menoge, le plateau qui s'étend d'Artaz à Nangy, est presque entièrement formé de terrain glaciaire. Ici et là se montrent quelques blocs erratiques de poudingue de Valorsine, ce qui prouve que cette roche n'est pas spéciale au bassin du Rhône; j'en ai encore retrouvé sur le Môle, près Bonneville. Un peu au delà de Nangy, on remarque le Château de pierre, dernier représentant de la belle traînée des blocs erratiques calcaires

[1] *Comptes rendus de l'Académie*, 1857, XIV, 612.

[2] Dans les matériaux pour la Paléontologie suisse, par M. Pictet. Terrain néocomien des Voirons, 1858. — *Archives*, 1857, XXXVI, 334.

[3] *Mémoire sur les terrains liasique et keupérien de la Savoie*, 1850.

sortis de la vallée de la Borne. Plus loin sont les ruines de l'ancien château de Finderolle, et près de là on rencontre un grès grossier à petits grains roses, mélangé de parties marneuses, micacées, et de traces charbonneuses. Il appartient au prolongement des grès nummulitiques des Voirons et s'étend jusque près du château de Faucigny; sa jonction avec la mollasse est masquée par les terrains quaternaires. Au-dessus de ce dernier château et du hameau nommé Chez Moiron, le sol est formé de grès à fucoïdes associés au grès nummulitique, et la colline au N.-E. des maisons de Jolivet est composée d'un grès micacé et de roches semblables à celles du mont Vouant (§ 286).

§ 273. — Du **château de Faucigny** je poursuis ma route dans la direction du Môle et de Bonneville, en me laissant guider par la notice que j'ai publiée, il y a peu d'années, sur les bases du Môle[1]. Le terrain sur lequel repose le château de Faucigny, est le prolongement des couches calcaires des Voirons, comme on le comprend en regardant sur la carte la direction de cette montagne; mais entre les Voirons et cet ancien manoir s'étend le plateau incliné de Marcellaz, occupé en grande partie par le terrain glaciaire et par les grès nummulitiques. Au château de Faucigny, les couches calcaires sont verticales (Pl. V, fig. 1). Les caractères de cette roche et ses fossiles indiquent qu'elle appartient, comme celle des Voirons, au terrain oxfordien supérieur ou corallien[2]. Les fossiles sont des *Ammonites plicatilis*, d'Orb., des *Aptychus lamellosus*, Munst., et des *A. latus*, Munst.

[1] Déjà citée.

[2] Je ne peux donc adopter l'avis de M. Benoit, qui range dans le terrain néocomien *le Petit Crêt*, sur lequel s'élèvent les ruines du château de Faucigny.

Les rochers en couches verticales qui supportent les ruines du château, sont légèrement recourbés du côté de l'E. dans leur partie supérieure, ce qui indique qu'ils formaient l'un des jambages d'une voûte, dont l'autre jambage se trouve dans les roches de même nature à l'orient du ravin qui flanque les ruines du côté de l'Est. La présence de cette voûte imparfaite nous a fait supposer que cette structure se retrouve dans les Voirons (§ 266). Entre les deux jambages de la voûte rompue se voient des couches inférieures formées de calcaires marneux et argileux dirigées suivant le méridien magnétique; leurs fossiles paraissent se rapporter à des espèces oxfordiennes. Ce sont des *Aptychus* et des *Ammonites plicatilis* semblables aux petites ammonites ferrugineuses des marnes oxfordiennes du Jura.

Avant de nous acheminer du côté de l'E., disons que le rocher qui supporte les ruines du château de Faucigny, est flanqué du côté de l'O. par des grès qui sont le prolongement de ceux des Voirons. Ils ressemblent également aux grès exploités à Mornex; mais ces derniers appartiennent à la mollasse, tandis que je range ceux-là dans le terrain nummulitique éocène. Ils sont dirigés du N. au S. et plongent d'environ 30° à l'E., c'est-à-dire contre les rochers oxfordiens dont je viens de parler. Cet arrangement des couches est le même que celui de diverses localités de la lisière septentrionale des Alpes (§ 258); il démontre une fois de plus que les rochers du château de Faucigny sont le prolongement des Voirons. Une grande masse de tuf associée à des graviers est superposée à ces grès.

Si, du château de Faucigny, l'on se dirige du côté de l'E., en cheminant à mi-côte du flanc de la montagne, on suit à peu près une grande faille qui a donné lieu à la vallée

de l'Arve, en coupant verticalement les masses calcaires de la base du Môle qui se terminent par des escarpements sur le bord de la vallée et ne se retrouvent pas sur la rive gauche.

Les différents endroits par lesquels on passe s'appellent le Mont, le Lawet, Fifredère, Bragade et le creux de la Rouaz. Ils sont dominés par des masses de calcaire d'un blanc grisâtre, qui présentent à peu près les formes indiquées dans la section.

Les fossiles n'y sont pas rares ; ce sont des débris de l'*Ammonites plicatilis*, des *Aptychus lamellosus* et *latus* qui classent ces masses dans l'étage oxfordien ou dans le terrain jurassique supérieur ; elles sont recouvertes en partie par les grès éocènes. Le mamelon que l'on franchit au delà du creux de la Rouaz, par le sentier des contrebandiers, pour se rendre à la **Côte St-Étienne**, présente d'une manière frappante la structure en éventail. C'est un singulier accident produit par le contournement et par la rupture des couches et qui s'explique aisément par la ligne ponctuée tracée sur la coupe. Les couches, en s'étendant à l'E., sont légèrement ondulées et se relèvent un peu contre le passage du Réret ; elles contiennent les fossiles suivants, qui les font regarder comme appartenant au terrain oxfordien ou au terrain jurassique supérieur [1] :

Belemnites Didayanus ? d'Orb.
Ammonites plicatilis, d'Orb.
» tortisulcatus, d'Orb.
Terebratula très-voisine de la T. nucleata, Schl. (peut-être T. labiata, d'Orb ?).
Aptychus lamellosus, Munst.
Disaster.

[1] C'est peut-être ici que j'ai couru le plus grand danger dans toutes mes courses. Je cherchai à détacher des fossiles à grands coups de marteau,

Au-dessus de l'escarpement *(o)* s'étend le plateau de Penouclaire, formé par des calcaires blancs, jaunâtres, lithographiques, contenant des débris d'*Ammonites plicatilis*. Ils rappellent la partie supérieure des couches argoviennes du Jura, qu'il n'est pas facile de distinguer de l'étage corallien. L'escarpement se termine du côté du Réret et laisse voir au-dessous de lui un terrain de calcaire marneux, argileux, d'un bleu noirâtre *(n)*, exactement semblable à celui qui contient des crioceras au passage du Réret. Dans la masse triangulaire de calcaire solide, bleuâtre *(x)*, située au-dessous du col, je n'ai vu qu'une trace d'ammonite indéterminable.

§ 274. — Au passage même du **Réret**, entre Bonneville et St-Jeoire, se trouve la roche *(n')* qui doit attirer notre attention. C'est un calcaire marneux, bleuâtre, se divisant facilement en grandes plaques irrégulières, à cassure conchoïde. Il renferme des crioceras et d'autres fossiles.

M. le professeur Pictet a eu l'obligeance de les examiner, et il y a reconnu les espèces suivantes :

Crioceras (Ancyloceras) Duvalii, Lév. [1]
Ammonites Rouyanus, d'Orb., ou infundibulum, id. [2]

lorsque je m'aperçus que la pierre peu grande que j'ébranlais était la base d'une espèce de colonne étroite en bas et large dans le haut, placée en avant de l'escarpement, et qui supportait une masse considérable de pierre. Si j'avais réussi à détacher le bloc que je frappais, j'étais inévitablement écrasé.

M. Mortillet dit quelques mots du terrain oxfordien du Môle, *Minéralogie et Géologie de la Savoie*, § 197.

[1] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1860, XVII, 392. Voir la note sur l'étage tithonique.

[2] Cette espèce n'est pas rare. Le plus bel exemple que je connaisse, provenant de cette localité, a été trouvé par M. le docteur Dufresne, dans un bloc erratique aux Bois-des-Buches, à 3 ou 4 kilomètres de la roche en place. Son diamètre est de 19 centimètres. J'avais vu cet échantillon en 1846, et ce n'est qu'après huit années, pendant lesquelles j'ai toujours consacré quelques jours à la recherche de la roche en place, que je suis arrivé à la trouver.

Ammonites Astierianus, d'Orb. [1]
Ammonites ligatus, d'Orb. [2]
Ammonites difficilis, d'Orb.
Ammonites Thetys, d'Orb., ou A. semistriatus, id.
Ammonites cryptoceras, d'Orb.
Terebratula diphyoïdes, d'Orb.
Ammonites subfimbriatus, d'Orb.
Ammonites bidichotomus, Leym.
Aptychus angulicostatus, Pictet et de Loriol
Aptychus Didayi, Coquand.

Quoique la détermination des quatre dernières espèces ait été faite sur des échantillons trop mal conservés pour qu'elle ne laisse pas d'incertitude, ces fossiles sont bien les mêmes que ceux qui ont été décrits comme appartenant au terrain néocomien des Voirons (§ 262); il ne peut y avoir aucun doute à ce sujet. Cependant, dans cette montagne, le terrain qui les contient est recouvert par une masse de calcaire oxfordien, et ici ils sont placés au-dessous de deux masses oxfordiennes qui les recouvrent complétement. La première masse est celle de la côte St-Étienne (*o*), qui s'étend au-dessus du calcaire (*n*) dont j'ai parlé; la seconde est celle que j'ai désignée par (*o'*), et qui recouvre le terrain (*n'*).

En effet, dans cette masse (*o'*), qui est formée par un calcaire blanchâtre, on trouve les fossiles argoviens suivants : *Ammonites plicatilis*, Sow., *A. oculatus*, Bean., *Aptychus latus*, Munst., *A. lamellosus*, Munst.

Enfin plus à l'E., et reposant sur la masse argovienne (*o'*),

[1] On trouve le type normal de l'espèce et une variété à côtes fines et nombreuses, faisant une sorte de transition à l'*Ammonites Jeannotii*, d'Orb. — Ces deux variétés sont liées par des intermédiaires.

[2] Voyez le mémoire de M. Pictet sur les Voirons, où quelques doutes sont émis sur cette espèce. Quoi qu'il en soit, les échantillons du Réret sont les mêmes que ceux des Voirons.

on voit un calcaire noirâtre solide, contenant quelques pentacrines très-rares. Je n'ai pu en déterminer l'âge exactement; mais, d'après son apparence, je le classe dans le terrain jurassique inférieur ou dans l'étage liasique.

La position de ce calcaire oxfordien fait naître l'idée d'un renversement de couches dans cette localité, cette hypothèse paraît confirmée par la présence de la cargneule et du lias qui se trouvent plus loin.

§ 275. — En résumé, la structure des environs du passage du Réret est fort curieuse; de Saussure l'avait remarquée : « Vis-à-vis de la Bonne-ville, nous dit-il[1], ces mêmes « escarpemens des bases du Môle, présentent une grande « échancrure qui paraît être le vuide qu'a laissé une monta- « gne qui s est anciennement écroulée; ses débris sont en- « core entassés au-dessous de l'échancrure. Il paraît même « qu'elle était plus élevée que ses voisines; j'en juge par « leurs couches qui montent à droite et à gauche contre le « vuide qu'elle a laissé. » De Saussure aurait été plus étonné encore, si on lui avait montré que dans cette localité les couches anciennes recouvrent en partie celles qui sont plus jeunes. En effet, au Réret, les couches oxfordiennes se trouvent sur celles qui sont indubitablement néocomiennes, et si l'on élevait le caractère stratigraphique des couches à la hauteur du caractère paléontologique, il y aurait une grande discordance entre les résultats donnés par la stratigraphie et ceux fournis par la paléontologie : la stratigraphie nous faisant voir les terrains (n) et (n') comme plus anciens que les terrains (o) et (o'), tandis que la paléontologie fait des premiers un terrain néocomien et des seconds un terrain oxfordien ou corallien. Si nous nous appuyons sur

[1] *Voyages*, § 440.

la stratigraphie, il faut croire que les roches néocomiennes des Voirons et celles de même âge du midi de la France sont plus anciennes que les roches oxfordiennes. Or, personne ne soutient cette conclusion ; il faut donc se laisser guider par la paléontologie et chercher quelle est l'espèce de dislocation qui a disposé les terrains de cette localité dans l'ordre inverse de celui qu'ils présentent partout ailleurs. Si nous la découvrons, nous aurons concilié la stratigraphie et la paléontologie, ces deux grands caractères de la géologie moderne qui ne peuvent aller l'un sans l'autre[1].

J'ai cherché à expliquer la coupe en supposant **des contournements.** On pourrait peut-être comprendre comment le terrain oxfordien se trouve au-dessus du terrain néocomien, en admettant un renversement général des couches, accompagné d'une dénudation ou d'une cassure telle que la représente la Pl. V, fig. 2, ou bien en supposant un contournement en forme d'anneau (Pl. V, fig. 3) ; mais je vois à ces deux hypothèses de grandes difficultés : la masse oxfordienne (*o*) de la côte St-Étienne me paraît trop longue et trop bien stratifiée, pour que j'ose affirmer qu'elle soit renversée. Puis il faut tenir compte des calcaires presque lithographiques du sommet de Penouclaire et des grès à fucoïdes éocènes qui reposent sur eux ; la présence de ces roches s'oppose à l'idée d'un renversement. Quoi qu'il en soit, je pencherais pour la seconde des hypothèses ; je vois, en effet, dans les Voyages en Sardaigne de M. de la Marmora, une coupe du dépôt charbonneux de Saint-Sebastiano

[1] Dans l'intéressante description géologique des environs de Montpellier, publiée par M. de Rouville en 1853, on voit (pages 44 et 204) que certaines couches néocomiennes semblent être placées au-dessous de la roche oxfordienne à La Valette. Cette localité présente donc une certaine analogie avec celle de Réret.

de Seui [1], qui est expliquée par une section analogue à la figure 3. Je trouve encore des contournements semblables dans le Jura qui passe pour une chaîne simple comparativement aux Alpes, et j'en reconnais surtout dans les couches du Rossboden [2].

Je ne pense pas que l'absence d'une explication satisfaisante de la position des couches du Réret puisse jamais modifier la classification admise pour les terrains, parce qu'il ne faut pas baser les classifications sur des observations faites dans une seule localité, surtout si cette localité est dans les Alpes. Cette conclusion, qui paraît si simple maintenant, a cependant été très-contestée à l'occasion des terrains de la Tarentaise dont nous parlerons plus tard.

Le terrain néocomien du Réret a le facies alpin; il est semblable à celui des Voirons (§ 263), et diffère de celui du Salève et des montagnes de la rive gauche de l'Arve, dont il n'est pourtant pas éloigné. On a eu l'idée d'envisager les deux facies du néocomien comme ayant pris naissance dans deux mers contemporaines, plus ou moins séparées par une chaîne dont l'emplacement aurait été à peu près celui de la vallée actuelle de l'Arve. Cette hypothèse soulève trop de difficultés pour que nous puissions l'admettre et l'origine de ces facies s'explique aisément en recourant à une théorie semblable à celle que M. Oppel a proposée au sujet du terrain jurassique supérieur; mais j'ai déjà parlé (§ 263) du néocomien alpin, je n'y reviendrai pas.

§ 276. — Avant de décrire la partie supérieure du Môle, je dirai encore quelques mots de la base de cette

[1] *Voyages en Sardaigne*, 3me partie, Description géologique, I, 106.

[2] Jaccard, Notice sur les renversements des terrains stratifiés dans le Jura, *Bullet. Soc. vaudoise des sc. nat.*, 1857, V, 250. Rossboden, chaîne du Beinvyl, canton de Soleure, fig. 3.

montagne voisine de **Bonneville** et de **Marignier.** Elle est dominée par de hauts escarpements des calcaires siliceux, noirs du lias ou de l'infra-lias. La ligne ondulée qui les limite vers la partie supérieure des collines placées au-dessous, est occupée par la cargneule. Cette roche se voit dans le ravin (*C*, Pl. V, fig. 1) qui aboutit près de Bogère ; on la retrouve au N.-E. au village d'Éponets, et le gypse repose sur elle à la Barme au-dessus des Brosins. Cet affleurement de cargneule va traverser le Giffre un peu en amont du pont de Marignier; il est associé à la dolomie et très-voisin des schistes à helminthoïdes, qui se voient près du pont. La grande carrière à l'O. de Coppy appartient probablement à la mollasse tertiaire.

Les hautes collines, formées par des grès gris et rougeâtres qui servent de base au Môle du côté du S., sont le prolongement de celles des Bornes. Elles appartiennent vraisemblablement à la partie inférieure de la mollasse. Leurs grès ont une certaine analogie avec ceux du Boveret, près de l'embouchure du Rhône ; cependant je ne les crois pas du même âge. Près des Valets, ces grès sont rouges, micacés, marneux, ressemblant à ceux des environs de Vevey et dirigés de l'E. à l'O., plongeant au N., c'est-à-dire sous la montagne du Môle. Ces couches s'élèvent très-haut; j'estime qu'elles atteignent presque la hauteur du village du Brezon, à 1050 mètres au-dessus du niveau de la mer, de l'autre côté de la vallée. Dans cette localité et à cette élévation, j'ai trouvé des blocs erratiques formés de poudingue de Valorsine.

M. Bakewell croit que ces grès sont subordonnés aux grandes formations calcaires de cette partie de la Savoie [1].

[1] *Travels in Tarentaise*, 1820, I, 336.

et M. Keferstein, qui affirme que tous les rochers situés entre Bonneville et Servoz appartiennent au flysch, assure également que le grès de Bonneville est du grès de Vienne, et qu'il plonge sous le calcaire du Môle[1]. Les plus beaux grès sont ceux qui sont exploités entre Bonneville et Ayse; ils se laissent détacher en dalles énormes; ils alternent avec des couches marneuses et sont formés de grains siliceux assez fins, joints par un ciment argilo-calcaire qui leur donne une teinte grise. Ils renferment quelques végétaux fossiles et beaucoup de traces charbonneuses dans lesquelles de Saussure avait reconnu des débris de plantes[2]. On voit à leur surface de petits creux que l'on prendrait d'abord pour des empreintes laissées par des gouttes de pluie tombées sur les sables qui, en se durcissant, ont formé les grès; mais les cavités de la surface supérieure d'une couche sont les empreintes de petites protubérances placées à la partie inférieure de la couche qui est au-dessus d'elle. Cette protubérance est souvent formée d'une matière plus ou moins changée en pyrite, quelquefois décomposée en oxyde de fer, qui pourrait bien avoir été primitivement une matière organique, telle qu'une graine. Cette opinion n'est pas nouvelle, car on lit dans le *Journal de Genève* de 1787, n° 9, p. 38, que les grès de Bonneville « ont des petits noyaux « ou grains ovales, dont les protubérances se trouvent d'un « côté de la pierre et les loges de l'autre..... Il est pro- « pable qu'elles sont dues aux semences de quelques plantes « marécageuses, comme du *Sparganium* par exemple, aux- « quelles les feuilles qui tapissent les autres bancs de ces « mêmes grès, ont peut-être appartenu. »

Les grès de cette nature se sont produits à des époques

[1] *Bulletin de Férussac*, 1831, XXVI, 211.
[2] *Voyages*, in-4, tabl. IV, 535.

bien différentes de l'histoire de la terre; car on en voit d'exactement semblables dans le Lingula flags de Bangor (Pays de Galles), qui appartient aux roches siluriennes. Il paraît certain que les couches de grès impressionné de Bonneville sont le prolongement de celles qui offrent exactement les mêmes caractères et qui sont associées à la mine de charbon de Thorens, ouverte dans la mollasse tertiaire (§ 253).

§ 277. — On remarque encore, dans ces grès de Bonneville, des traces laissées par les vagues qui agitaient les eaux dans lesquelles ils ont été déposés. Ce sont de petites rides allongées sur une grande étendue, en lignes ondulées, sinueuses, interrompues et tout à fait semblables à celles qui se voient sur les plages de la mer à marée basse. Elles sont identiques aussi à celles qui sont formées dans les sables au-dessous des eaux de notre lac. J'ai déjà signalé des traces de vagues dans les grès d'Archamp au pied du Salève (§ 235).

Les couches des grès de Bonneville sont dirigées de l'O. un peu N. à l'E. un peu S.; elles sont donc à peu près parallèles à la vallée de l'Arve et plongent au N., c'est-à-dire contre le Môle; les couches inférieures ont une inclinaison de 80°, tandis que les couches supérieures se rapprochent de la position horizontale. Si l'on compare les deux côtés de la vallée de l'Arve, on voit que les montagnes ont des compositions fort différentes : à la base du Môle, on trouve des mollasses, de la cargneule, du gypse et des terrains liasiques, tandis que dans les montagnes de la rive gauche, on voit des roches nummulitiques et crétacées. On observe encore que les couches des deux côtés opposés ne sont pas parallèles entre elles, et ces faits présentent quelque importance au point de vue de l'origine des vallées.

Le nivellement presque parfait des terrains de la plaine des environs de Bonneville, leur horizontalité, leur manière de venir buter contre les montagnes, leur donnent un caractère qui a été remarqué par J.-A. De Luc. Il attribue cet arrangement à des courants de l'ancienne mer[1]; cependant, dans ce cas particulier, le nivellement est dû aux alluvions de l'Arve.

§ 278. — Laissons maintenant la base du Môle et réunissons les observations qui ont été faites à différentes reprises dans **les parties élevées de la montagne.** De Saussure[2] en atteignit le sommet, haut de 1867 mètres au-dessus du niveau de la mer, en 1758. Il est aisé de voir qu'il fut vivement intéressé, soit par l'étude du Môle lui-même, soit par la vue qu'il eut du haut de ce bel observatoire. Ce fut là qu'il comprit la structure des montagnes voisines, et qu'il vit que l'escarpement des chaînes extérieures des Alpes est tourné contre le lac, tandis que celui des chaînes intérieures fait face aux Alpes. La description qu'il donne de la position des couches du Môle montre que la structure de ce massif est compliquée; vers son extrémité orientale et au pied de l'escarpement du N.-N.-E. les couches sont dirigées du N.-N.-O. au S.-S.-E.[3]; vers la cime, elles sont brisées, et on ne peut en démêler la position. « On trouve aussi, dit de Saussure, des bancs « dirigés du N.-N.-E. au S.-S.-O., et cette situation paraît « être la plus fréquente dans la partie septentrionale et « occidentale de la montagne. » Un grand nombre des couches du Môle sont verticales, et ce savant pense que

[1] *Bullet. Soc. géolog. de France*, 1839, XI, 11.

[2] *Voyages*, § 279.

[3] Ces indications ont été répétées par Berthout, *Itinéraire de la vallée de Chamounix*, 1816, p. 15.

cette structure confirme une observation qu'il regarde comme générale et importante, savoir que *les montagnes secondaires sont d'autant plus irrégulières et plus inclinées, qu'elles s'approchent plus des primitives.* La marche de la science a montré que cette règle n'était pas complétement juste, et de Saussure lui-même a reconnu qu'elle était sujette à des exceptions.

M. Sismonda nous dit, en parlant du terrain oxfordien des environs du Réret : « Ce même calcaire, du côté de « Bonneville forme la partie moyenne du mont Môle, dont « la base est couverte, en partie, par la craie chloritée et en « partie par la mollasse nummulitique, tandis que le som- « met est uniquement composé par des roches de ce dernier « terrain[1]. » Je n'ai pas su voir de craie chloritée à la base de cette montagne, et j'ai trouvé une belle série de fossiles liasiques à la partie supérieure.

Le Môle a été colorié, sur la carte géologique de la France, de la teinte qui indique le terrain crétacé inférieur, ce qui ne s'accorde guère avec les fossiles liasiques dont je parlerai. Dans la carte géologique de la Suisse (1853), les couleurs indiquent le terrain jurassique dans la partie supérieure et le terrain crétacé inférieur à la base du côté du Sud. Ces dernières données se rapprochent beaucoup de la vérité.

La structure de la montagne est souvent cachée par des pâturages ou des forêts ; en montant de St-Jeoire au sommet par la pente orientale, on est presque continuellement dans des bois et l'on ne voit pas les roches. Leur arrangement est plus visible, si on gravit par le côté N.-O., soit en partant de St-Jeoire, soit en montant des

[1] Constitution géologique de quelques parties de la Savoie, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1857, XLV, 612.

rochers du Réret. Un peu avant le point culminant, j'ai trouvé un calcaire gris à petites pentacrinites, semblable à celui de la Pointe des Neus, qui appartient sans doute au lias.

Le **sommet** est formé par un calcaire à silex gris et rouges que l'on voit également à la base septentrionale du Môle près St-Jeoire, dans une grande carrière où les silex sont associés aux pentacrinites. Cette roche est le prolongement de celle du Miribel (§ 292) où j'ai trouvé l'*Ammonites fimbriatus*. On peut considérer le Môle comme étant composé de couches verticales, qui auraient formé une voûte, si elles avaient été moins comprimées, mais qui ont été fortement serrées les unes contre les autres. La présence de cette structure (un peu au N.) dans la Pointe des Neus (Pl. IV, fig. 7), dont le Môle est le prolongement, me confirme dans cette manière de voir.

§ 279. — En descendant du sommet du Môle par l'arête du côté de l'E., on arrive dans une espèce de cirque où se trouve un **bloc erratique** de protogine micacée, un peu amphibolique. Quoique moins haut que ceux du Brezon (§§ 135, 357), ce bloc est cependant l'un des plus élevés de la Savoie. Il a été vu par M. Guyot et désigné par lui comme se trouvant sur la face du Môle opposée au défilé de Cluses, à la hauteur de 4700 pieds[1], soit 1527 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ce bloc et ceux du Brezon, qui sont presque en face l'un de l'autre, ne peuvent venir que de la chaîne du Mont-Blanc. En adoptant 446 mètres pour la hauteur de Bonneville, le bloc du Môle serait à 1080 mètres au-dessus de la vallée de l'Arve, et celui du

[1] Note sur la dispersion du terrain erratique entre le Jura et les Alpes dans la Suisse occidentale et en Savoie, *Bullet. de la Soc. des sc. nat. de Neuchâtel*, 1846, I, 9.

Brezon à 1219 mètres. Ces chiffres donnent une idée approximative de l'énorme épaisseur du glacier de la vallée de l'Arve à l'époque de sa grande extension.

§ 280. — Les pâturages de cette espèce de cirque, au haut duquel se trouve le bloc dont je viens de parler, se nomment **Champ-Fleuri** et sont au-dessus des **chalets des Places.** Dans la partie gauche de ce cirque (en descendant), on voit un petit escarpement d'un calcaire noir bréchiforme, renfermant des silex et des fossiles entassés les uns sur les autres. Il est près d'une source et sa hauteur est de 10 à 12 pieds. La roche offre la plus grande ressemblance avec celle de la *Grosse Pierre* du Col des Encombres, découverte par M. Sismonda et si bien décrite par M. Élie de Beaumont[1]. Les débris des êtres organisés de ces deux localités appartiennent aux terrains liasiques; cette formation s'étend donc des confins de la Maurienne au Môle, de là à Meillerie, etc. Elle est immensément riche en fossiles, et il est singulier qu'elle n'ait pas encore été reconnue sur des points intermédiaires entre le Môle et les Encombres. Lorsque je trouvai cette collection de fossiles, j'en eus une jouissance d'autant plus vive que jusqu'alors j'avais dit avec de Saussure : « Je n'ai trouvé, sur « le Môle, que des vestiges imparfaits de pétrifications. » Les espèces que j'ai recueillies sont les suivantes :

Fossiles de Champ-Fleuri sur le Môle.

Belemnites paxillosus?	Liasien.
» Oosteri? C. Mayer.	
» acutus? C. Mayer.	Sinémurien.
Nautilus truncatus? Sow.	Toarcien.
» intermedius, Sow. ou striatus, Sow.	Sinémurien.

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1857, XLV, 947. Voyez § 660.

Ammonites Conybeari, d'Orb. non Sow.	Sinémurien.
» kridion, Hehl.	id.
» rarecostatus, Ziet.	id.
» liasicus, d'Orb.	id.
» Carusensis, d'Orb.	id.
» Birchii, Sow.	id.
» Sauzeanus, d'Orb.	id.
» Discohelia, Stolizka.	
» bisulcatus? Brug.	Sinémurien.
» Nodotianus, d'Orb.	id.
» planicosta, Sow.	Liasien.
» subplanicosta, Oppel.	id.
» Regnardii, d'Orb.	id.
» armatus, d'Orb.	id.
» brevispina, Sow.	id.
» muticus, d'Orb.	id.
» Bechei, Sow.	id.
» hybrida, d'Orb.	id.
» fimbriatus, d'Orb.	id.
» levigatus, Sow.	id.
» Zieteni, Oppel.	id.
» Roberti, Ooster.	id.
» Levesquei, d'Orb.	Toarcien.
» Holandrei? d'Orb.	id.?
» Heterophyllus? Sow.	id.
» Hartmanni?	
Pleurotomaria densa, Terq.	Infra-lias.
» precatoria, Desh.	Liasien.
» polita? Goldf.	Sinémur. Oppel.
Lima punctata? Sow.	Sinémurien.
» dentata? Terq.	Infra-lias.
Avicula Sinemuriensis, d'Orb.	Sinémurien.
Gervillia bipartita? Mer.	Infra-lias.
Plicatula spinosa? Sow.	Liasien.
Pecten Valoniensis, Leym.	Infra-lias.
» textorius, Schl.	Sinémurien.
Hinnites valvata?	

Rhynchonella furcillata, Davids.	Liasien.
» tetraedra? Davids.	Liasien. Oppel.
» belemnitica, Quenst.	Sinémurien.
Spiriferina Hartmanni, d'Orb.	Liasien.
» pinguis? Deshay.	
Terebratula punctata, Sow.	Liasien.
» Causoniana, d'Orb.	Sinémurien.
» cor, Lam.	

La majeure partie de ces fossiles appartient à l'étage sinémurien et à l'étage liasien. Le rocher où je les ai recueillis renferme-t-il ces deux étages, et les fossiles n'ont-ils été mélangés que par la manière dont ils ont été récoltés, ou bien les fossiles des deux étages sont-ils associés dans la même couche? Il est difficile de le décider, cependant la dernière des deux suppositions me paraît la plus probable.

En descendant de Champ-Fleuri à St-Jeoire, on chemine dans des forêts où la terre végétale masque les roches; cependant elles paraissent être liasiques, si on en juge par les fragments épars. Près du pont du Riche à l'E. de St-Jeoire, sur la rive droite de la rivière, j'ai trouvé un fragment d'une ammonite probablement de l'étage oxfordien.

II. LA POINTE D'ORCHEX.

§ 281. — De St-Jeoire où nous sommes arrivés en descendant du Môle, nous nous rendrons à Mieussy pour aller examiner la Pointe d'Orchex (Orsay, Orçay ou la Vuarde). Avant d'y monter, jetons un **coup d'œil sur la singulière vallée du Giffre**, sur ses rétrécissements et ses bassins successifs.

En allant de Genève à St-Jeoire, on chemine dans la plaine jusqu'au village de la Tour. A partir de cette loca-

lité la vallée subit un premier rétrécissement près d'Entreverge, entre le Môle et la Pointe des Neus. On entre ensuite dans le petit bassin de St-Jeoire, terminé par un second rétrécissement formé par le roc de Don et la Pointe d'Orchex. Ce n'est que dans la partie la plus éloignée de ce bassin qu'on aperçoit le Giffre, et qu'on est réellement dans la vallée de ce nom ; mais le vallon de St-Jeoire en est le prolongement bien plus naturel que la fissure étroite et sinueuse par laquelle le Giffre va se jeter dans l'Arve.

Après le second rétrécissement on traverse le bassin de Mieussy et l'on arrive au défilé des Tré Denta, troisième rétrécissement ; puis on passe dans la plaine de Taninge, longue, étroite et unie, qui s'étend jusqu'au delà de Samoëns ; elle se termine au passage des Tines, quatrième rétrécissement. Au delà on entre dans le singulier bassin de Sixt où le Giffre prend sa source, et qui est bordé par des montagnes et des escarpements très-remarquables. Dans cette vallée il y a donc quatre rétrécissements et quatre bassins nettement tranchés. On voit rarement une semblable succession sur un espace aussi court.

§ 282. — Malgré les peines que je me suis données en allant cinq fois parcourir la Pointe d'Orchex, je ne suis pas arrivé à expliquer sa structure d'une manière satisfaisante. Cette montagne s'élève entre l'Arve et le Giffre à 1356 mètres d'altitude d'après une observation barométrique que j'ai faite au sommet (1343 mètres d'après la carte du Piémont). Lorsque de Marignier on monte au col nommé Sur Couz, qui fait partie de la montagne (Pl. IV, fig. 6), on traverse un grand espace occupé par du diluvium glaciaire, sous lequel s'enfonce la bande de cargneule et de gypse que j'ai signalée sur la face méridionale du Môle. Ces mêmes roches reparaissent à l'endroit nommé Sur Couz ; leur gi-

sement diffère également de celui de Matringe (§ 298) où elles semblent se diriger. Au col (Sur Couz), le gypse (*gy*) stratifié est situé au milieu d'une terre argileuse qui forme des éboulements; il est recouvert par une couche peu épaisse de grès argileux noir (*G*) surmonté du schiste à fucoïdes et à helminthoïdes (*Mf*) que je n'ai jamais vu aussi près du gypse, sauf dans la vallée d'Abondance (§ 342) où le gisement est fort confus. A l'O. du col, je n'ai trouvé que des dolomies *(D)* qui paraissent reposer sur un calcaire gris blanc, prolongement de celui du rocher de Don, voisin de St-Jeoire.

Les schistes à fucoïdes et à helminthoïdes ont une position d'autant plus remarquable qu'ils sont recouverts par des marnes argileuses rouges *(tr)* qui près de là, à Matringe (§ 298), représentent évidemment les marnes irisées, et ont un grand développement sur le revers N. du col. Voilà donc des schistes à helminthoïdes identiques à ceux des Charmettes (§ 295) et à ceux de la Pointe de la Chaux (§ 334), où ils reposent sur le terrain kimméridien, immédiatement superposés aux gypses triasiques, et inférieurs aux marnes rouges ou marnes irisées. Y aurait-il deux formations de schistes à helminthoïdes? Je ne le pense pas, car ces deux formations seraient trop semblables. N'est-il pas singulier de trouver, sur la ligne suivant laquelle les montagnes de la rive droite de l'Arve sont alignées, deux gisements aussi étranges que celui du terrain néocomien du Réret et celui du gypse de la Pointe d'Orchex (commune de Thiez); ils dénotent des arrangements de couches fort compliqués. Dans la même commune, le gypse se montre encore à l'endroit nommé Chez les Pacots.

Au-dessus des marnes rouges *(tr)*, on voit de grands rochers d'un calcaire gris *(c)* former la Pointe d'Orchex; je

n'ai pu y recueillir que quelques traces peu déterminables de fossiles qui rappellent des espèces oxfordiennes. Sur ce calcaire repose un autre calcaire noir avec des veines spathiques blanches et des silex (*L*), ayant les caractères du lias; il forme une espèce de voûte à mi-hauteur de la montagne (*L'*).

En cheminant à l'E., nous arrivons à une combe ou ravin qui renferme près de la chapelle de St-Innocent une nouvelle couche de gypse (*gy*) ; elle s'appuie sur une marne sableuse grise, micacée, fine, qui recouvre le calcaire (*L*) ci-dessus. Une nouvelle crête de calcaire liasique (*L*) recouvre ce gypse, en sorte qu'il est entre deux couches de lias ou d'infra-lias. J'ai recueilli les fossiles suivants, près des fours à chaux de Vellard.

Ammonites	Levesquei? d'Orb.	Toarcien.
»	Maugenestii, d'Orb.	Liasien.
»	Valdani, d'Orb.	»
»	Regnardii, d'Orb.	»
»	fimbriatus, Sow.	»
»	Jamesoni, Sow.	»

§ 283. — En allant au col de Châtillon, on trouve des grès schisteux (*Gr*, Pl. IV, fig. 6) du macigno alpin très-semblables à la mollasse. Ils s'appuient sur les roches de la Pointe d'Orchex, tout en se redressant du côté de la vallée de l'Arve, en étant dirigés du N. 40° O. au S. 40° E. et en plongeant au N. 50° E. A mesure qu'on s'avance ces grès se redressent et deviennent verticaux; toutefois près de Châtillon leur inclinaison est moins forte. L'église de ce village est bâtie sur un calcaire brèche (*L*) que je rapporte au terrain liasique, dont je parlerai en décrivant les environs de Taninge et le Chablais; cette roche est une brèche

ou poudingue formé de débris arrondis de calcaire, de quartz ou de grès de natures diverses, cimentés par du calcaire. Les éléments sont quelquefois très-gros et atteignent le volume d'un mètre cube, en sorte que la roche est parfois un vrai conglomérat. J'y ai reconnu un caillou de protogine des pétrosilex, des quartz, des schistes chloriteux, des calcaires de divers âges, des schistes argileux, mais on ne peut y découvrir la moindre trace de fossiles. Dans les rochers au-dessus de l'église, les cailloux sont aplatis, parallèles les uns aux autres et tous redressés au N.-O. Plus à l'O. se trouve la cargneule et le gypse (*gy*), traversés par un dégagement de gaz dont je parlerai (§ 404).

Ayant rangé les terrains à l'E. de Châtillon dans le massif des Fiz, je termine à ce col la description du Môle et de la Pointe d'Orchex. Ce passage peu élevé est entre la vallée de l'Arve et celle du Giffre; il n'atteint que 742 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire 247 mètres au-dessus de la vallée de l'Arve, mesurée à Cluses, et 97 mètres au-dessus de celle du Giffre, mesurée à Taninge.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Chap. I. LA PLAINE. — DE L'ÉPOQUE MODERNE. — DES EAUX. 1

De l'ordre suivi dans la description de la Plaine, § 1. — Du lac de Genève, sa température, son effet sur le climat, 2. — Niveau du lac au-dessus de la mer, ses variations, 3. — Hauteur du baromètre, 4. — Profondeur du lac, 5. — Seiches, 6. — Dépôts du Rhône en amont du lac, 7. — Dépôts de la Dranse, 8. — Jaugeages du Rhône et de quelques affluents du lac, 9.— Jaugeages de l'Arve, 10.— Influence de l'Arve sur le Rhône, 11. — Or du Rhône et de l'Arve, 12. — Ancien niveau du lac, 13. — Action du lac sur ses rives, 14.

Chap. II. SUITE DE LA PLAINE. — DES TERRAINS QUATERNAIRES. 20

Quatre terrains, § 15. — Leur coupe, 16.

Alluvions modernes. Alluvions de l'Arve, 17. - Dénudation de Plainpalais et de Carouge, murailles de la Cluse, 18 et suiv. — Atterrissements des rivières, 20. — Atterrissements du lac, 21. Pâquis. Niveaux divers des eaux du lac, 22. — Colovray près Nyon. Colonnes romaines, 23.

Chap. III. SUITE DE LA PLAINE ET DES TERRAINS QUATERNAIRES. — ALLUVIONS DES TERRASSES. 32

Ses caractères, § 24. — Tranchées, 25. — Nyon. Bachet de Pesey, 26. — Hôpital cantonal, 27. — Gaillard, 28. — Thônex, Etrembières, 29. — Tranchées, 30. — Le long du Rhône, 31, 32, 33. — Divers auteurs, 34.

Terrasses des bords du lac, 35. — Canton de Vaud, 36, 37.

Thonon, 38.— Argile du port, 39.— Hermance, 40.— Tableau, 41.

Grandeur du lac, niveaux voisins du Fort-de-l'Ecluse, 42 et suiv. — Animaux, 44. — Cavernes du Salève, 45. — Passage des temps géologiques aux temps historiques, 46.

Pages.

Chap. IV. SUITE DE LA PLAINE ET DES TERRAINS QUATERNAIRES. — TERRAIN GLACIAIRE. . . . 56

Sa formation était attribuée aux débâcles, § 47. — Décrit par Necker, 48. — Sa constitution, 49. — Cailloux striés, 50. — Sable jaunâtre, 51. — Blocs erratiques, 52. — Euphotide, 53. — Cailloux des environs de Genève, 54. — Les blocs sont exploités, 55. — Terrain glaciaire dans la ville de Genève, 56.

Gravier de Pregny et de Sacconnex, 57. — Au Signal de Bougy, 58.

Aux environs de Genève, 59. — Environs de Troinex. Deux étages, 60. — Environs de Ville-la-Grand, du Crest, 61. — Rive gauche du lac, Cologny, 62. — Tourbe et coquilles sous le terrain glaciaire à Hermance; dans le canton de Vaud; tuf de Meximieu, 63. — Nernier, 64. — Moraine d'Yvoire, 65 et suiv. — Dunes. Excenevrex, 67. — Boisy, 68. — D'Yvoire à Thonon, 69. — Environs de Thonon. Une époque glaciaire, 70, 71. — Lignite d'Armoi, 72. — Lignite d'Utznach, 73. — Terrasses de l'alluvion glaciaire, 74, 75. — Environs de Bons, 76. — Animaux du terrain glaciaire, 77.

Chap. V. SUITE DE LA PLAINE ET DES TERRAINS QUATERNAIRES. — ALLUVION ANCIENNE. . . . 87

Sa description, § 78. — Sa composition. Sa position, 79. — Vernier, 80. — Lignite du bois de la Bâtie, de la Boisse et de Sonnaz, 81. — Son âge, 82. — Son origine, 83, 84.

Chap. VI. TERRAIN ERRATIQUE DE LA VALLÉE DU RHÔNE. 97

Introduction, § 85. — Travaux antérieurs. Roches caractéristiques, 86. — Val Ferret, 87. — Plein-y-bœuf, 88. — Orsières, 89. — Champey, 90. — Entremont, 91. — Sembranchier, Bagne. Débâcle de 1818, 92. — Mont Chemin, 93. — Arpille, 94. — Vallée du Rhône, de Martigny au lac, 95 à 99.

Rive droite du glacier. Environs de Soleure, 100. — Steinhof, 101. — Limite sur le Jura, 102. — La plaine, 103.

Rive gauche du glacier et du lac. Environs des Dents d'Oche, 104 et suiv. — Vallée d'Abondance, 105. — Vallée du Biot, 106. — Vallée de Bellevaux, 107. — Fourches d'Habère, 108. — Saxel, 109. — Voirons, 110. — Montoux, 111. — Mont de Sion et Vuache ou Vouache, 112. — Au delà du fort de l'Écluse, 113. — Bugey, 114. — Plaine de la France, 115.

Tableau de la limite supérieure, 116. — Pente de la vallée du Rhône, 117. — Résumé, 118.

Chap. VII. TERRAIN ERRATIQUE DE LA VALLÉE DE L'ARVE. 130

Partie supérieure de la vallée de Chamonix, § 119. — Argentière,

Pages.

moraine et terrasse, 120. — Moraine de la Mer de glace (les Tines), 121. — Chamonix, 122. — Montanvert, Jardin, Mont Lacha, 123. Aiguilles Rouges et Brévent, 124. — Vallée de la Dioza, 125.

Vallée de Montjoie, 126. — Environs de Combloux, 127. — De Sallanches à Cluses, 128. — Rive droite de l'Arve, 129.

Vallée du Giffre, 130. — Environs de Saint-Jeoire, 131, 133. — Vallée de Boëge, 132. — Environs de Montoux, 134.

Vallée de l'Arve en aval de Cluses (Brezon), 135. — Le Môle, 136. — Vallée de la Borne, La Roche, Plaine des Rocailles, 137, 138, 139. — Rapilles de Cusy, le Chéran, 140. — Les Bornes, 141, 143. Ezery ou Aizery, 142.

Mont de Sion, 144. — Tableau de la limite supérieure du terrain erratique, 145. — Pente de la vallée de l'Arve, 146. — Résumé, 147.

Chap. VIII. TERRAIN ERRATIQUE DE LA VALLÉE DE L'ISÈRE. 160

Dimensions de l'ancien glacier, § 148. — Les Chapelles, Villette, Hautecour, Naves, Beaufort, 149. — Le glacier se divise à Albertville. Environs d'Annecy et de Chambéry, 150. — Tableau de la limite supérieure du terrain erratique, 151.

Chap. IX. TERRAIN ERRATIQUE DU VAL D'AOSTE. . . 164

Étendue du glacier de cette vallée, § 152. — L'allée Blanche, 153. — Val d'Entrèves. Pré de Bar, 154. — Alluvion de Triolet, 155. — Val d'Aoste, Cramont, Comboë, Aoste, 156. — La Serra, 157.

Chap. X. DES CAUSES ET DES EFFETS DE L'ANCIENNE EXTENSION DES GLACIERS. 170

Introduction, § 158. — Théorie des courants. Les diluvianistes, de Saussure, les cavernes, 159. — L. de Buch, 160. — C. Escher, 161. — J.-A. De Luc, 162. — M. Elie de Beaumont, Hall, 163. — Opposition, André de Gy, Conybeare, 164.

Les glaciéristes: Perraudin, de Charpentier. Histoire de l'idée de l'ancienne extension des glaciers; Venetz. Variations dans les glaciers. Agassiz, 165.

Théorie des glaces flottantes, 166.

Deux ordres de théories. Preuves de l'extension des glaciers. Certaines moraines, animaux, 167. — Changement de climat, 168. — Ses explications, M. Agassiz, 169. — De Charpentier, Kæmtz, 170. — M. Lecoq, 171. — M. de la Rive, 172. — M. Milne Home, 173. — M. Frankland, 174. — M. A. Escher de la Linth, 175. — Résumé, 176.

Deux époques glaciaires, 177. — Effets des glaciers, Persistance des lacs, 178. — Théorie de sir Ch. Lyell, 179. — Théorie de M.

Pages

Tyndall, 180. — Théorie de M. Ramsay, 181. — Théorie de l'affouillement, 182. — Divers auteurs, 183. — Réfutation 184, 185 et suiv.

Origine des lacs, 186. — Leur classification, leur liaison avec les montagnes. Lac d'Annecy. Lac de Genève, 187. — La forme du lac n'est pas en rapport avec la forme de l'ancien glacier. Alluvion ancienne, 188. — Le terrain glaciaire recouvre l'alluvion ancienne, 189 et 190. — La glace a pu descendre au fond des lacs, 191. — La courbe du lac et la courbe des montagnes, 192. — Renversement à la lisière des Alpes, 193. — Résumé, 194.

Chap. XI. MOLLASSE DE LA PLAINE DES ENVIRONS DE GENÈVE. 218

Auteurs. Définitions, § 195. — Mollasse de la Suisse. Forme du bassin. Collines, 196. — Nant d'Avanchet, 197. — Coteau de Bernex, 198. — Verrières, 199. — Montoux, 200. — Miolan. Concrétions, leur analyse, 201. — Presinges. Les Voirons, 202. — Boisy, axe anticlinal de 370 kilomètres, 203. — Cologny, exploitation des carrières au-dessous des eaux du lac, 204. — Pregny. Vengeron. Fossiles, 205. — Séparation de la mollasse et du macigno alpin, 206. Absence du grès marin et du nagelflue, 207. — Résumé, 208.

Chap. XII. LE MONT SALÈVE. 236

I. AUTEURS QUI ONT PARLÉ DU MONT SALÈVE : De Saussure, De Luc, Bertrand, Alb. Beaumont, Keferstein, M. Elie de Beaumont, Thurmann, Alc. d'Orbigny, M. de Villeneuve, mon Mémoire, § 209. — M. Mousson. Travail sur les Diceras, MM. de Mortillet, Wartmann, Martins, Ruskin, Vogt, 210.

II. CONFIGURATION DU MONT SALÈVE : Est-il jurassique ou alpin ? Axe anticlinal. Description de la montagne, 211. — Vallée de Monetier. La Croisette, 212. — Couches verticales. Les Gorges, 213.

III. TERRAIN DU MONT SALÈVE : Coup d'œil d'ensemble, 214. — *Terrain jurassique*. Groupe corallien, 215. — Calcaire corallien, 216. — Oolite corallienne, fossiles, 217.

Etage purbeckien, 218.

Terrain néocomien. Valangien, assise inférieure, 219. — Calcaire à Nérinées, 220. — Grand banc, 221. — Calcaire roux, fossiles, 222. — Néocomien moyen et les six groupes de couches qui le composent, 223. — Localités, 224. — Fossiles, 225. — Leur âge, 226. — Terrain urgonien, couche à térébratules, 227. — Fossiles, 228. — Localités, chaux fluatée. Dans la vallée des Usses. — Dans le Jura, 229. — Calcaire à Ptérocéra, 230.

Terrain sidérolitique, classé provisoirement. Sa description. Son origine, 231. Sa ressemblance avec le grès marin inférieur et avec le grès nummulitique ou albien, 232.

Pages.

Terrain tertiaire. Poudingue du grès marin inférieur, sa découverte, ses fossiles, sa description, 233. — Localités diverses, 234. — Terrain de la mollasse proprement dite. Ses caractères. MM. Constant Prévost et de Rouville, grès de Mornex, fossiles, 235. — Au pied N.-O. du Salève, 236.

Terrain quaternaire, blocs erratiques, 237. — Au delà des Usses, limite de trois glaciers, 238. — Blocs perchés, 239. — Erosions, 240. — Glaciers du Salève, 241. — Tuf, 242. — Cavernes, 243.

IV. STRUCTURE DU MONT SALÈVE : Concordance de stratification, 244. — Axe anticlinal, faille, refoulement latéral. Coupe du mont Salève, 245.

Chap. XIII. DESCRIPTION DES FOSSILES DE L'OOLITE CORALLIENNE, DE L'ÉTAGE VALANGIEN ET DE L'ÉTAGE URGONIEN DU MONT SALÈVE, PAR M. P. DE LORIOL. 310

Introduction, § 246. — I. Fossiles de l'oolite corallienne, 247. — II. Fossiles de l'étage valangien, 248. — III. Fossiles de l'étage néocomien moyen, 249. — IV. Fossiles de l'étage urgonien, 250.

Chap. XIV. LES BORNES. 406

Limites. Blocs erratiques. Point culminant, § 251. — Viaison. Fossiles végétaux et animaux, 252. — La Faulaz. La Roche. Mollasse tuberculeuse, 253. — Thorens. Mine de charbon. MM. Sismonda et Elie de Beaumont. M. Heer, 254. — Disposition des couches, 255.

Chap. XV. LES VOIRONS. 413

Situation, élévation, direction, § 256. — Aperçu historique, diverses coupes, 257. — Renversement des couches dans diverses parties des Alpes et ailleurs, 258. — Coupe des Voirons. Mollasse de la base, 259. — Axe anticlinal, 260. — Premier grès nummulitique, 261. — Première zone néocomienne avec fossiles, 262. — Deux terrains néocomiens, jurassien et alpin, 263. — Deuxième zone nummulitique, 264. — Deuxième zone néocomienne, 265. — Zone oxfordienne, étage tithonique, 266. — Troisième zone néocomienne, 267. — Troisième zone nummulitique, fucoïdes, 268. — Résumé, 269. — Blocs erratiques, 270. — Grès nummulitique de Bonne, 271.

Chap. XVI. LE MÔLE ET LA POINTE D'ORCHEX. 436

I. LE MÔLE. Limites. Auteurs. Bords de la Menoge. Château de Faucigny, § 272. — Base du Môle. Terrain oxfordien. Coupe du château de Faucigny au Réret, 273. — Réret, fossiles néocomiens, 274. — Structure irrégulière. Néocomien alpin, 275. — Base du Môle entre Bonneville et Marignier. Mollasse tuberculeuse, 276. —

Traces de vagues, 277. — Parties élevées du Môle. M. Sismonda. Carte de France, 278. — Blocs erratiques, 279. — Fossiles du lias, 280.

II. La Pointe d'Orchex. La vallée du Giffre, § 281. — Structure de la montagne. Schistes à fucoïdes, gypse, lias, fossiles, 282. — Col de Chatillon, 283.